SCIENCE & VIE

MONDADORI FRANCE

> 138 Quiz
LE VIVANT
ET SON ÉVOLUTION
EN 32 QUESTIONS

Et si la vie devait tout au hasard...

> Il est le maître de nos ORIGINES, de notre IDENTITÉ et de notre DESTIN
> Pourquoi le hasard fait PEUR

> 80 Supernova
L'EXPLOSION QUI DÉFIE LA THÉORIE

> 76 Bronzage
UNE MOLÉCULE FAIT DES MIRACLES

> 40 Transport
L'EUROPE DU TGV SUR LES RAILS

T 02578 - 1079 - F: 4,90 €


PUBLICIS CONSEIL Illustration : H. Bully - X 231
CLIO
NOUVELLE MOTORISATION TCE 100 CH.
Vous connaissiez son design fluide, sa tenue de route exemplaire, ses 5 étoiles aux crash-tests Euro NCAP. Profitez désormais de sa nouvelle motorisation TCE 100 ch, qui offre un maximum de performance pour la plus faible consommation des moteurs essence 100 ch.
CLIO, TOUT CE QU'ON ATTEND D'UNE VOITURE.
Rendez-vous sur www.cliocrazyfishing.com. Consommation mixte (l/100 km) : 5,9. Emissions CO2 (g/km) : 139.
elf www.renault.fr
FIA RENAULT 2005
FIA RENAULT 2006
Renault Champion du Monde 2005 et 2006
CLIO

Avant-propos



^ Qu'un pot de géranium tombe ou non sur la tête d'un passant en dit finalement long sur ce qu'il y a de prévisible dans le hasard...

W.BIBIKOW/PHOTONONSTOP

Si le pot de géranium est tombé sur la tête de celui-ci et non de celui-là, c'est vraiment par le plus pur des hasards... Pourtant, interrogez le météorologue posté à l'angle de la rue. Il vous expliquera doctement que, compte tenu de la pression atmosphérique, de la direction des vents et de la topographie des lieux, la bourrasque à l'origine du fait divers était parfaitement prévisible. Le physicien ajoutera que la hauteur du centre de gravité du pot de terre, posé sur un plan incliné de surcroît, rendait sa chute inéluctable. Pour peu qu'un témoin attentif ait mentalement calculé la direction, la longueur et la fréquence des pas des différents piétons présents sur la zone au moment où la bourrasque s'annonçait, tous conviendront alors que, dans ces conditions, il n'y avait pas grand risque à parier que c'est bien sur la tête de celui-ci et non de celui-là que le pot de géranium viendrait fatalement finir sa course.

Cette petite fable est riche de deux enseignements :

– le hasard est bien souvent un mot commode pour dissimuler notre ignorance ;

– il faut tout de même se méfier des géraniums mal arrimés aux balcons les jours de grand vent.

Mais il y a aussi que, la plupart du temps, le hasard nous dérange, voire nous inquiète, tant il nous livre à l'incertain et à l'aléatoire (voir l'entretien avec B. Cyrulnik, p. 60). Pourtant, les scientifiques ne cessent de découvrir à quel point il fait le plus généralement très bien les choses. En particulier dans le domaine du vivant, où il excelle dans l'ordonnancement de toutes choses. Mieux qu'aucun maître ne saurait le faire... Les travaux les plus récents tendent à prouver que, non content d'être à l'origine du vivant, il est aussi le principe moteur de l'émergence de ses formes les plus variées, inventant sans cesse de nouvelles identités et forgeant autant de destins. Notre dossier en apporte la démonstration éclatante. **S&V**

Atout hasard





Actualités

A la Une

SCIENCE & VIE
1, rue du Colonel-Pierre-Avia 75503 Paris Cedex 15
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr

Recevez Science & Vie chez vous. Votre bulletin d'abonnement se trouve p. 87. Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 08, ou par Internet sur http://www.kiosquemag.com.
Un encart abonnement est broché entre les pages 110-111 des exemplaires de la vente au numéro de la diffusion France métropolitaine, Suisse et Belgique. Un supplément de 52 pages "La Terre de tous les records" est mis sous film sur la vente au numéro de la diffusion France métropolitaine.



84

Froid solaire : il arrive dans les maisons

100 *Autoroutes célestes : le fabuleux coup de pouces des chimistes*





132

Le cinéma et la télévision partout

SNCF-CAV-J.-M. FABBRO - SUNSET - STONE/GETTY - G. RIVIERE - C. KOENIG-JPL/NASA - DR

COUV. : STONE/GETTY

www.volkswagen.fr/golf

Chien Chien Chien

CONFORT
GOLF PLUS
GOLF SW

Golf Golf Golf

Oiseau Oiseau Oiseau

Il n'y a pas qu'une seule espèce de Golf.

Gamme Golf à partir de 13 940 €*

*Reprise Argus + 1 500 € déduite



Par amour de l'automobile

Groupe VOLKSWAGEN France - R.C. Soissons B 602 025 538

Volkswagen recommande Castrol

Offre réservée aux particuliers pour la reprise de votre ancien véhicule aux conditions générales de **l'Argus + 1 500 €**, pour l'achat d'une Golf Trendline 1.4 16S 80, 3 portes, neuve (tarif conseillé au 26/04/07 : **15 440 € TTC**) entre le 01/01/07 et le 31/12/07 chez les Concessionnaires Volkswagen participants. Pour les véhicules hors cote, reprise 1 500 € uniquement. Offre non cumulable avec toute autre offre de promotion. **Modèles présentés** (tarifs conseillés au 26/04/07) : Golf Confortline 1.6 102 5 portes : **20 062 € TTC**, option peinture métallisée à 462 € TTC incluse ; Golf Plus Sportline 1.4 16S TSI 140 : **24 032 € TTC**, option peinture métallisée à 462 € TTC incluse ; Golf SW Confortline TSI 140 5 portes : **25 177 € TTC**, options peinture métallisée à 462 € TTC, toit ouvrant à 1 250 € TTC et jantes 'ClassiXs' à 725 € TTC incluses. Consommations mixtes (l/100 km) et émissions de CO_2 (g/km) des gammes Golf : de 5,0 à 10,7 et de 132 à 255. TSI® est une marque déposée par Groupe Volkswagen France s.a.

Forum



Le Soleil se couche-t-il ?

Je suis choqué par certains de vos titres. Exemple dans le n° 1077 mais il y en a d'identiques dans chaque numéro : "Un parasite se sert des rats pour leur malheur". Le parasite est donc quelqu'un de très malin qui sait exploiter les failles des rats pour se développer. A moins que le "créateur" ait voulu assurer la survie du parasite. Et que dire de "Les femelles canards développent un système anatomique de défense contre le viol" ? La morale est sauve ?
Ces titres font oublier qu'on constate simplement le produit de l'évolution. Les organismes qui ne possédaient ces traits ont disparu. Vous confortez ainsi ceux qui refusent l'évolution et croient y voir l'œuvre d'une "main divine".

Gérard V.V., Gif-sur-Yvette (91)

S&V Nous voici donc pris à notre propre piège : vulgariser les bizarreries de l'évolution sans trahir la réalité scientifique. Bien sûr, nous ne soutenons pas que les parasites ou les femelles canards sont doués d'intention. Mais cette manie de mettre de l'intentionnalité là où il n'y en a pas – au-delà de la nécessité de faire court – relève de la nature même du langage et de notre façon commune d'aborder le monde. Comme le souligne le penseur américain Daniel Dennett : *"La vie du concepteur de haut niveau (entendez l'homme) en est merveilleusement facilitée, tout comme notre capacité de conceptualiser en systèmes intentionnels nos amis et voisins (et nos ennemis) facilite notre propre vie."* La plupart des hypothèses sur la nature du langage humain font ainsi appel à la théorie de l'esprit. C'est-à-dire notre capacité à nous représenter l'état d'esprit des autres, en fonction de leur comportement. Bref, il est plus directement compréhensible pour nous, sujets parlant et écrivant, de dire "le soleil se couche" que "la rotation terrestre nous amène au point où le rayonnement solaire est interrompu par la rotondité de la planète". A vouloir rester scientifiquement corrects, nous aurions depuis longtemps perdu tout chance – faute de lecteurs – de rendre compte des découvertes scientifiques.

SCIENCE & VIE

MONDADORI FRANCE

Editeur : Excelsior Publications SAS.
Siège social : 48, rue Guynemer 92865 Issy-les-Moulineaux Cedex 9.
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr
Actionnaire : Mondadori Magazines France SAS.

DIRECTION, ADMINISTRATION
PRÉSIDENT
Arnaud Roy de Puyfontaine
DIRECTEUR GÉNÉRAL, DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Jean-Luc Breysse
DIRECTEUR DÉLÉGUÉ
Vincent Cousin
FINANCE MANAGER
Patricia Faggiano
CONTRÔLEUR DE GESTION
Camille Quesnel
DIRECTRICE MARKETING ET ABONNEMENTS
Agnès Nicolas
DIRECTEUR DES VENTES
Jean-Charles Guérault
RESPONSABLE DES ÉTUDES
Aurélie Gibiat
FABRICATION
Gérard-Laurent Greck, Alexandra Millet (chefs de fabrication)

RÉDACTION
1, rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris CEDEX 15.
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
DIRECTEUR DE LA RÉDACTION, RÉDACTEUR EN CHEF Matthieu Villiers, assisté de Christelle Borelli
RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS
Philippe Chambon, François Lassagne, Grégoire Bouillier (édition)
DIRECTRICE ARTISTIQUE
Yvonne Diraison
CHEFS DE RUBRIQUE
Cécile Bonneau (physique), Valérie Greffoz (astronomie), Pierre Grumberg (technologies), Caroline Tourbe (médecine)
RÉDACTEURS
Boris Bellanger, Germain Chambost, Emilie Rauscher, Muriel Valin
SECRÉTAIRES DE RÉDACTION
Jean-Luc Glock (premier SR), Yoanna Sultan
MAQUETTISTES
Valérie Samuel-Charrier (1re maquettiste), Alexandre Breuil
SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE
Anne Levy (chef de service photo), Clémence Gérard; Emmanuel Jullien (chef de service infographie)
DOCUMENTATION
Marie-Anne Guffroy (chef de service)
CORRESPONDANTE AUX ÉTATS-UNIS
Sheila Kraft, 11259, Barca Boulevard, Boynton Beach, Florida 33437, Etats-Unis, tél. : (00) 15617339207 ; fax : (00) 15617337965

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO
E. Bastien, C. Baudouin, K. Bettayeb, R. Brillaud, S. Brunier, V. Buron, S. Casalonga, J.-Ph. Coll, N. Constans, M. Corniou, C. Couturier, M. Cygler, O. Donnars, S. Douhi, E. de Garrigues, E. Haentjens, E. Hamonou, C. Hancok, J. Harbonn, F. Heimburger, E. Hurault, R. Ikonicoff, M. Kontente, J. Letellier, S. Mariaccia, E. Nicolas, J.-Ph. Noël, Ph. Pajot, A. Partaix, A. Prévost, C. Robert, M. de Vericourt

RELATIONS EXTÉRIEURES
Michèle Hilling

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL
DIRECTRICE
Marie-Ange Dezellus de Narbonne (marieange.dezellus@mondadori.fr)
CHEF DE PRODUIT
Mathilde Janier-Bonnichon (mathilde.janier@mondadori.fr)

PUBLICITÉ
1, rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris CEDEX 15.
Tél. : 01 46 48 48 80 - Fax : 01 46 48 49 98
DIRECTRICE DE PUBLICITÉ
Fabienne Marquet
DIRECTRICE DE PUBLICITÉ ADJOINTE
Valérie Leclère
DIRECTEURS DE CLIENTÈLE
Florence Loquais, Lionel Dufour
CHEF DE PUBLICITÉ
Hortense Coulon
ASSISTANTE COMMERCIALE
Sylvia Apodaca
TRAFIC
Véronique Barluet

À NOS LECTEURS
RENSEIGNEMENTS
Tel. : 0146484866,
e-mail : sev.lecteurs.mondadori.fr
COMMANDE D'ANCIENS NUMÉROS ET DE RELIURES
Carole Zaragoza, tél. : 01 46 48 47 18

DIFFUSION
43, rue du Colonel-Pierre-Avia, 75015 Paris.
DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT
Jean-Charles Guérault
RESPONSABLE EXPORT
Véronique Lemoine
RESPONSABLE DIFFUSION MARCHÉ
Siham Daassa
RESPONSABLE DIFFUSION
Béatrice Geoffrin

MARKETING & ABONNEMENTS
RESPONSABLE MARKETING
Alexandre Balleyguier
CHARGÉE DE PROMOTION
Michèle Guillet

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS
Par Internet : relations.clients@mondadori.fr
Par téléphone : 01 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h et de 13 à 17 h 30, mercredi et vendredi, 16 h 30). Par courrier : service abonnements, 1, rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15. Vous pouvez aussi vous abonner sur http://www.kiosquemag.com
Etats-Unis et Canada : Express Mag, 8155, rue Larrey, Anjou (Québec), H1J 2L5. Tél. : 1 800 363-1310 (français) et 1 877 363-1310 (anglais) ; fax : (514) 355-3332.
Suisse : Dynapresse, case postale 1211, Genève 1. Belgique : Excelsior Publications, PB 23, Poste 6, 1050 Bruxelles. Tél. : 02 62614 26.
Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec *Science & Vie* sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal. Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. Sachez que la rédaction ne reçoit que sur rendez-vous.



Directeur de la publication : Jean-Luc Breysse. Dépôt légal août 2007. N° de commission paritaire : 1010 K 79977 du 1er novembre 2005. Printed in France. Photogravure : Dupont. Imprimerie : MONDADORI PRINTING S.p.A Via Bianca di Savoia n°12 MILANO.

Ils l'ont fait...



^ En modifiant génétiquement des cellules matures de peau de souris, les chercheurs ont obtenu des cellules ayant exactement les qualités de cellules souches obtenues à partir d'embryons.

DES CELLULES

Kyoto (Japon) et Cambridge (Massachusetts, Etats-Unis), le 6 juin. Trois équipes de chercheurs travaillant séparément sont parvenues à produire, à partir de cellules matures, des cellules aux propriétés identiques à celles des cellules souches embryonnaires. Les trois équipes de chercheurs, celle de Shinya Yamakana au Japon et celles de

ADULTES... EMBRYONNAIRES

Rudolf Jaenisch et Nimet Maherali aux Etats-Unis, ont utilisé le même mode opératoire : ils ont inséré dans des cellules de peau de souris des gènes codant pour des protéines qui, en interagissant avec d'autres gènes de la cellule, conduisent celle-ci à retrouver les caractéristiques d'une cellule pluripotente. Cette révolution ne concerne pour l'instant que la souris, la prochaine étape des chercheurs sera donc de réussir à appliquer cette technique de reprogrammation sur des cellules humaines. Mais les résultats obtenus font naître l'espoir d'un usage thérapeutique des cellules souches qui s'affranchirait des problèmes éthiques suscités par l'utilisation d'embryons humains. C.H.



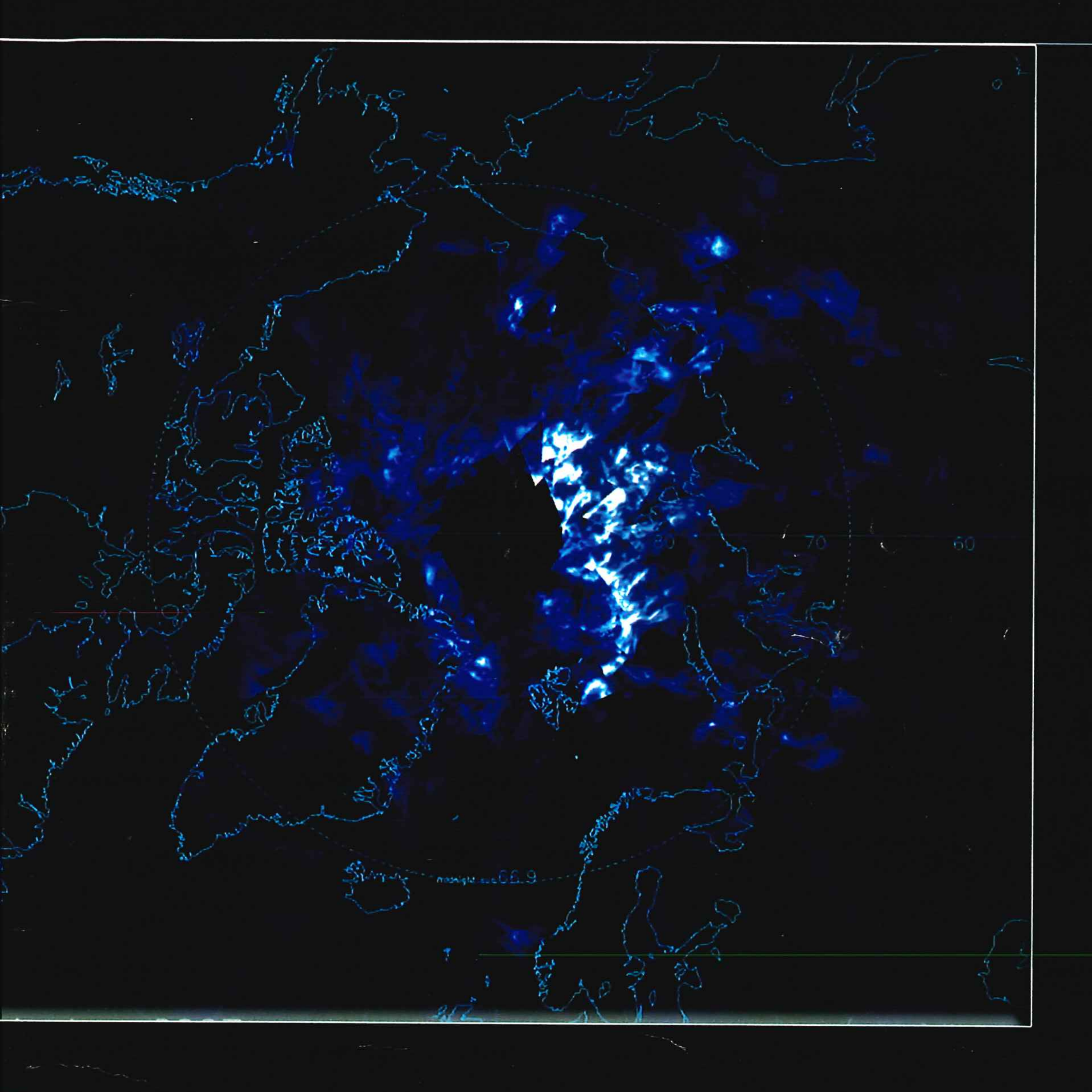
Ils l'ont fait...

LE PLUS VIEIL EUROPÉEN A 1 MILLION D'ANNÉES !

Sierra de Atapuerca (province de Burgos, Espagne), le 27 juin. Le plus vieux fossile humain d'Europe occidentale a été découvert en Espagne, près de Burgos. Il ne s'agit que d'une dent, une prémolaire, ce qui ne permet pas pour le moment de dire à quelle espèce du genre Homo elle appartenait. Elle a été découverte par trois paléontologues espagnols dans une couche géologique vieille de plus d'un million d'années, le Pléistocène inférieur. Les scientifiques ne disposaient jusqu'ici que d'outils en pierre et d'os d'herbivores entaillés âgés de 1,2 à 1,3 million d'années pour attester de la présence humaine à cette époque. Les plus vieux restes humains précédemment découverts dataient de 800 000 ans, et appartenaient à une espèce antérieure à l'homme de Neandertal.
J.L.

DES IMAGES INÉDITES DE NUAGES NOCTILUQUES

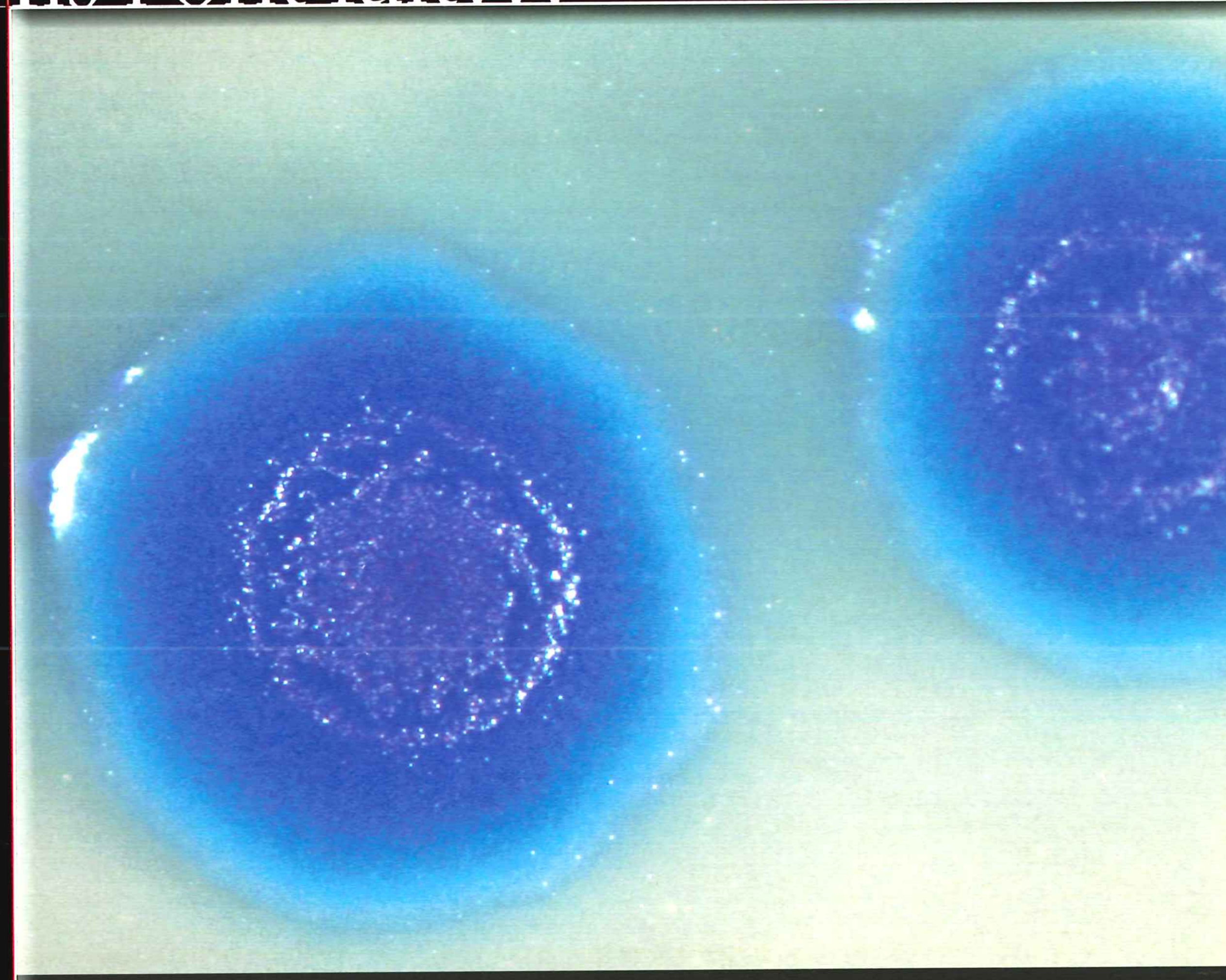
Au-dessus des régions arctiques, le 11 juin. Le satellite américain *AIM* (Aeronomy of Ice in the Mesosphere), lancé en avril dernier, vient de recueillir ses premières images de nuages "noctiluques" vus depuis l'espace. Ces nuages très fins qui apparaissent près des pôles dans le soleil couchant se forment à très haute altitude (environ 80 km) dans la mésosphère, et restent aujourd'hui une énigme pour les scientifiques. Les images recueillies par *AIM* révèlent leur étendue au-dessus des régions arctiques, et donnent des informations sur leur structure, jusqu'à la taille des particules de glace qui les composent. Les scientifiques ont prévu de suivre deux saisons complètes de formation et d'évolution de ces nuages au-dessus des deux pôles, et espèrent ainsi comprendre pourquoi ils sont de plus en plus lumineux, se forment de plus en plus fréquemment et à des latitudes de plus en plus basses depuis quelques années. L'évolution des nuages noctiluques est-elle un avertissement de plus du changement climatique qui se déroule sur notre planète ? Réponse dans deux ans. V.G.



LA MIGRATION CELLULAIRE A ENFIN PU ÊTRE OBSERVÉE EN TEMPS RÉEL

Etats-Unis, le 5 juin. Une équipe américaine a observé des cellules appelées cellules polaires ramper d'un pôle à l'autre d'une chambre ovarienne (le futur œuf) de drosophile. Elle est également parvenue à modifier leur trajectoire en mutant des gènes. Une avancée notoire, car il était jusqu'alors impossible de suivre la migration cellulaire au sein d'un tissu à l'intérieur d'un organisme vivant. L'astuce ? Prélever les ovaires et les maintenir en vie dans un milieu supplémenté d'hormones de croissance et d'insuline. Ce nouveau moyen devrait permettre d'étudier comment les cellules cancéreuses se détachent d'une tumeur. E.N.

FUNDACION ATAPUERCA/HO/AFP • LAB. D.MONTELL, THE JOHNS HOPKNIS UINIV. • NASA/HU/VT/CU LASP



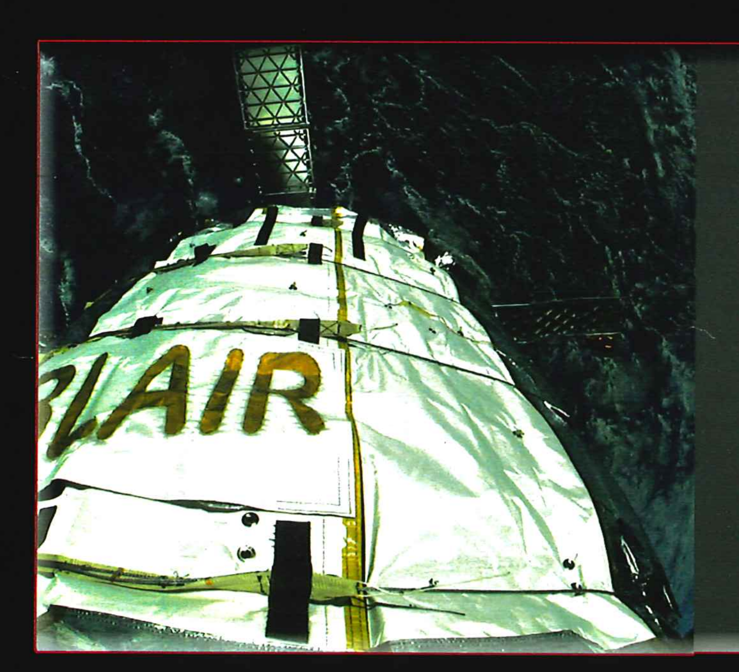
LA PREMIÈRE GREFFE D'ADN D'UNE BACTÉRIE À UNE AUTRE

Maryland (Etats-Unis), le 29 juin. Des biologistes dirigés par l'Américain Craig Venter – qui s'est illustré dans la course au séquençage du génome humain – ont réussi une étape importante vers la création de formes de vie "synthétiques". Ils ont en effet transplanté l'ADN complet d'une bactérie, *Mycoplasma mycoides*, dans l'enveloppe d'une cousine, *Mycoplasma capricolum*. Les chercheurs ont d'abord détruit l'enveloppe de *M. mycoides* avec des enzymes. Puis ils ont mélangé son ADN avec des cellules de *M. capricolum* et une substance faisant fusionner celles-ci, ce qui a produit des cellules contenant les ADN des deux espèces ; lesquelles se sont ensuite divisées en deux "cellules filles" contenant chacune soit l'ADN du "receveur" soit celui du "donneur". Cette manipulation pourrait un jour mener à la création de bactéries inédites dotées d'un ADN synthétique leur permettant par exemple de produire des biocarburants. K.B.



LE PLUS GRAND CLONE DE DRAKKAR PREND LA MER

Danemark, le 1er juillet. Baptisée *Havhingsten fra Glendalough (étalon des mers de Glendalough)*, la plus grande réplique de drakkar jamais construite a quitté le port de Roskilde pour rejoindre son port d'attache d'origine, Dublin, en 44 jours avec escales. Son modèle, construit en Irlande en 1042, était un fleuron de la flotte viking : le *Skuldelev 2*. Long de 30 m, avec un tirant d'eau de seulement 1,2 m et un lest de 15 tonnes, il fut coulé dans le fjord de Roskilde vers 1070. Pour manœuvrer les rames et les voiles de ce jumeau, 65 membres d'équipage sont indispensables. Ils doivent embarquer 1 t d'eau et 1 t de nourriture. Escales prévues tous les 5 jours. J.L.



UN "CASINO SPATIAL" A ÉTÉ MIS EN ORBITE

Dans l'espace, le 29 juin. La société américaine Bigelow Aerospace a mis en orbite le premier "casino de l'espace". Baptisée *Genesis 2*, cette structure gonflable de 2,50 m de long contient notamment un système de tirage au sort qui permettra aux internautes de jouer au bingo. Des caméras retransmettent en direct des images de l'intérieur du vaisseau et de l'extérieur. Ce satellite est le deuxième prototype d'une série qui doit se terminer par la mise en orbite d'une véritable station spatiale gonflable, beaucoup moins chère à construire et à lancer que n'importe quelle autre structure en dur. Le lancement de la troisième génération est prévu pour 2008. P.C.

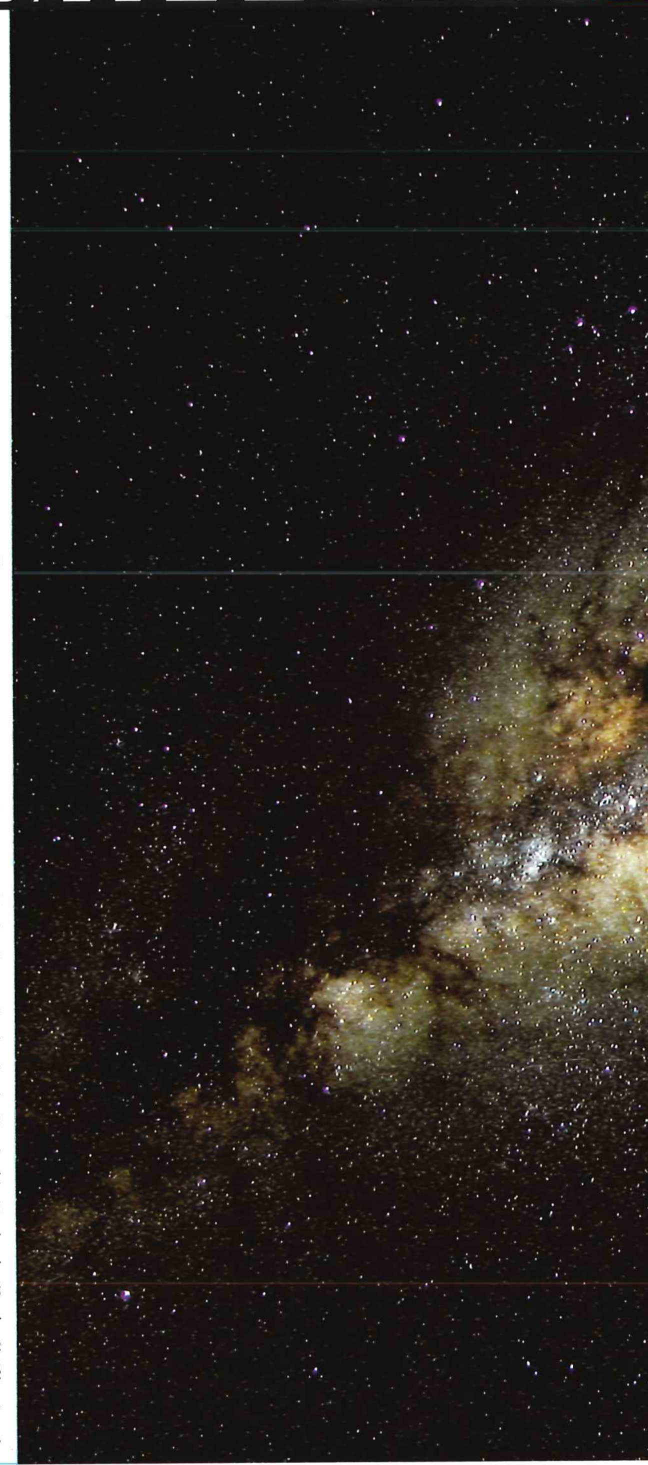
J.CRAIG VENTER INSTITUTE - VIKING SKIP MUSEUM - BIGELOW AEROPACE

ASTROPHYSIQUE

La Voie lactée n'est pas une galaxie comme les autres

Plus petite que les autres, notre galaxie est aussi plus solitaire. Et cette caractéristique a contribué à favoriser la vie sur la Terre. Explications.

Elle était considérée jusqu'à présent comme une galaxie spirale typique, servant même de modèle de référence aux scientifiques pour étudier ses semblables. Mais en réalité… la Voie lactée n'est pas comme les autres ! François Hammer et ses collègues astrophysiciens à l'Observatoire de Paris viennent de démontrer, grâce notamment à des mesures très précises en infrarouge, que notre galaxie, si difficile à étudier dans sa globalité puisqu'on se trouve à l'intérieur, ne ressemble qu'à 7 % de ses voisines. Certes, elle est bien constituée, comme toutes les autres galaxies spirales, d'un bulbe central, de bras spiraux s'étendant dans le disque galactique et d'un halo d'étoiles englobant le tout. Mais sa taille et sa masse sont deux fois plus petites que la moyenne ! Et les étoiles de son halo sont plus âgées que la normale, avec un contenu peu enrichi en éléments lourds. Des singularités qui laissent penser que la vie de la Voie lactée a dû être exceptionnellement calme et solitaire. En effet, ce sont les collisions entre galaxies qui leur permettent de grossir et d'enrichir la matière de leur halo, notamment le contenu des étoiles. Ces rencontres sont d'ailleurs généralement très violentes et assorties de puissantes émissions de rayonnements énergétiques nocifs pour les organismes vivants… La Voie lactée, ayant visiblement subi très peu de ces collisions durant son histoire (la dernière en date remonte en effet à 11 milliards d'années), a donc été un berceau idéal pour permettre l'apparition et la pérennité de la vie sur Terre ! **A.P.**



S.BRUNIER - S.CAMAZINE/SUNSET

> La Voix lactée, galaxie spirale particulièrement petite et légère, ne ressemble en fait qu'à 7 % de ses voisines.



ÉTHOLOGIE

LE RÉFLEXE DE PAVLOV EXISTE AUSSI CHEZ LA BLATTE

Plus d'un siècle après la célèbre expérience de Pavlov, observant la salivation d'un chien au simple son de la cloche annonçant le repas, Hidehiro Watanabe et Makato Mizunami, de l'université Tohoku de Sendai, au Japon, ont décelé le même réflexe chez la blatte. Ils sont parvenus à conditionner la salivation de l'insecte en associant une odeur à une solution sucrée. La structure du cerveau de la blatte étant beaucoup plus simple que celle des mammifères, cette découverte pourrait permettre d'expliquer enfin le fonctionnement du réflexe de Pavlov. **C.H.**

NEUROLOGIE

Musique et orientation spatiale sont liées

Quand on écoute de la musique, notre cerveau fait appel au sens de l'orientation ! Plus précisément, il associe les fréquences des notes à une localisation spatiale. Des chercheurs de l'université d'Otago en Nouvelle-Zélande sont arrivés à cette conclusion en convoquant des musiciens, des amateurs de musique et, enfin, des patients souffrant d'amusie, une pathologie qui rend insensible à la hauteur des notes (en quelque sorte un "daltonisme" auditif). Ils ont soumis les volontaires à un test consistant à faire mentalement la rotation d'un objet, puis à choisir entre plusieurs images celle de l'objet retourné. Résultat : les patients atteints d'amusie font deux fois plus d'erreurs que les autres groupes. Reste à savoir si l'amusie, qui touche environ 4 % de la population, peut s'estomper à force d'exercices de rotation mentale. **V.B.**



TOUT LE MONDE PARLE D'ÉCOLOGIE. RENAULT AGIT.



Scénic

1.5 dCi 105ch

137g de CO_2/km

5,2L/100 km.

Protéger efficacement la planète, ce n'est pas faire des phrases, c'est agir concrètement avec des véhicules accessibles au plus grand nombre et dont les effets sur l'environnement sont réduits tout au long du cycle de vie. Ainsi, le Scénic Renault eco² 1.5 dCi 105ch :



- Est fabriqué dans une usine bénéficiant de la certification environnementale ISO 14001.
- Emet seulement 137g de CO_2 /km
- Est conçu pour être revalorisé à 95% et intègre 8% de matières plastiques recyclées*.

* De la masse totale des plastiques
Consommation mixte (l/100 km) : 5,2. Emission de CO_2 (g/km) : 137. elf



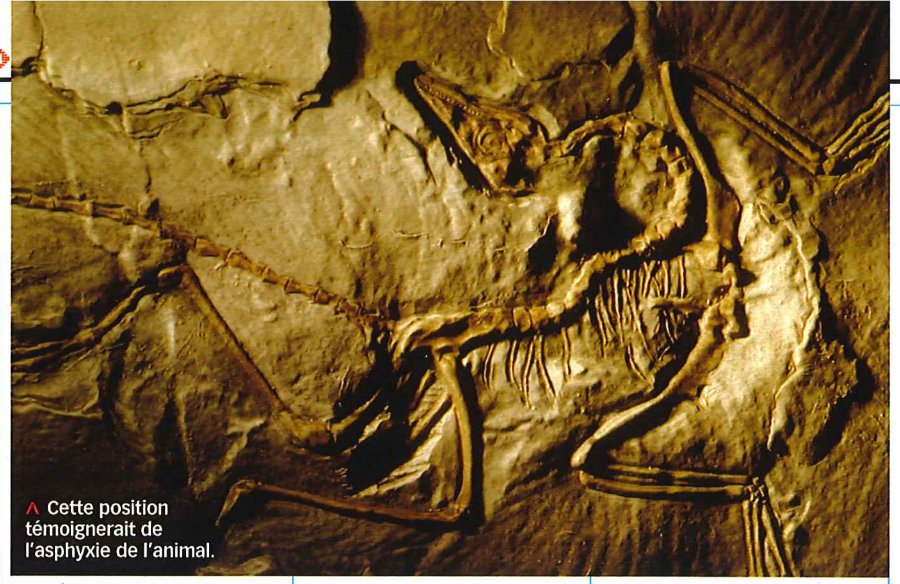
www.renault.fr



On en reparle

Ötzi a bien été assassiné

En juin 2005, *Science & Vie* consacrait un long article au cadavre momifié d'Ötzi, un homme du Néolithique découvert en 1991 dans les neiges du Tyrol italien. En tentant d'élucider le mystère de sa mort, les chercheurs avaient découvert une pointe de flèche en silex figé dans son dos à proximité de son poumon, suggérant que l'homme avait été assassiné. Mais jusqu'à présent, aucune investigation n'avait pu affirmer que la blessure fut mortelle. Frank Rühli, de l'université de Zurich (Suisse) et ses collègues italiens se sont de nouveau penchés sur les derniers instants de cette plus ancienne momie du monde, en l'examinant à l'aide de la tomographie, une technique utilisée en imagerie médicale. L'examen a révélé que l'artère sous-clavière d'Ötzi avait été sectionnée sur 13 cm par la flèche. Cette blessure aurait provoqué une importante hémorragie qui se serait répandue dans les tissus mous alentour. Selon les auteurs de l'enquête, aujourd'hui encore, une telle plaie, sans soins médicaux rapides, serait fatale dans 60 % des cas. Alors imaginez un vieillard de 46 ans, en fuite à 3 200 mètres d'altitude, il y a 5 300 ans… **J.-P.N.**



^ Cette position témoignerait de l'asphyxie de l'animal.

PALÉONTOLOGIE

On en sait plus sur l'agonie de certains dinosaures

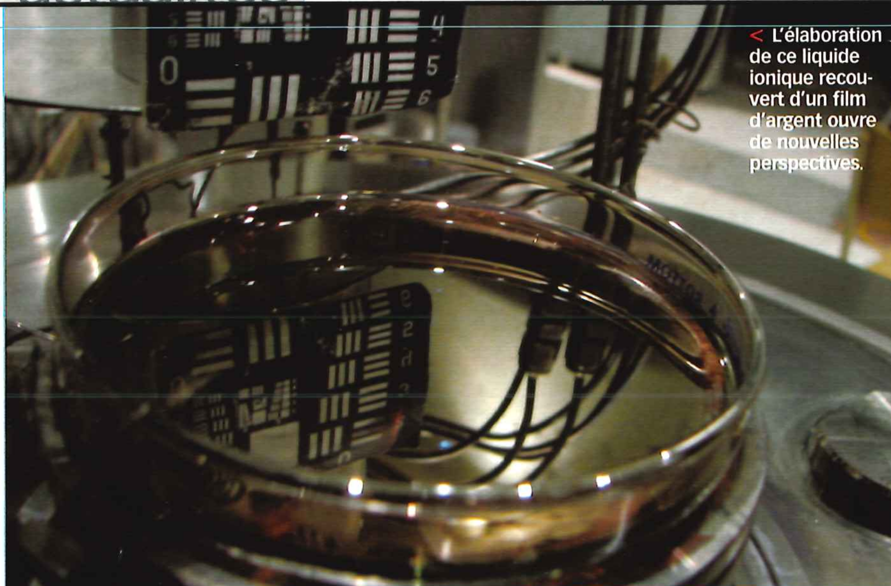
Tête et queue repliées vers le dos, gueule ouverte… De nombreux squelettes de dinosaures sont retrouvés dans cette posture, généralement considérée comme résultant de l'action d'un cours d'eau ou du dessèchement du cadavre. Mais Kevin Padian, de l'université de Californie, et Cynthia Marshall Faux, du Musée des Rocheuses de Bozeman (Montana), ressortent une vieille hypothèse : cela ne serait pas dû à un phénomène *post mortem*, mais résulterait d'une agonie de l'animal ! Appelé *opisthotonos*, ce renversement en arrière est provoqué par une contracture des muscles extenseurs à la suite des dommages cérébraux engendrés par des suffocations, une méningite, le tétanos ou un empoisonnement. Un phénomène propre aux oiseaux, aux mammifères et pourquoi pas, donc, aux dinosaures. Les chercheurs reconnaissent que l'environnement a pu jouer un rôle pour certains squelettes, mais leurs observations de dessiccation des muscles et des tendons sur des oiseaux actuels ont montré que ce mécanisme *post mortem* n'aboutissait pas à cette incurvation. Le renversement du corps aurait donc lieu lors de l'agonie de l'animal, asphyxié par exemple par les fumées d'un volcan ou d'un incendie. **E.H.**

ZOOLOGIE

DES BICHES PROTÈGENT LES FAONS D'AUTRES ESPÈCES

Chez la biche mulet, l'instinct maternel dépasse la frontière de l'espèce ! Des chercheurs canadiens ont diffusé des cris de détresse de faons enregistrés et observé que la biche mulet accourt vers eux, même s'ils appartiennent à une autre espèce, même quand leurs petits sont avec elles ou même si elles ne sont pas encore mères ! Ce comportement d'alerte leur permet de mieux éviter les prédateurs que leurs "cousines" ne réagissant qu'à leurs petits. V.B.

P. PLAILLY/EURELIOS/LOOK AT SCIENCES - C.STEELMAN/OSF/BSIP



< L'élaboration de ce liquide ionique recouvert d'un film d'argent ouvre de nouvelles perspectives.

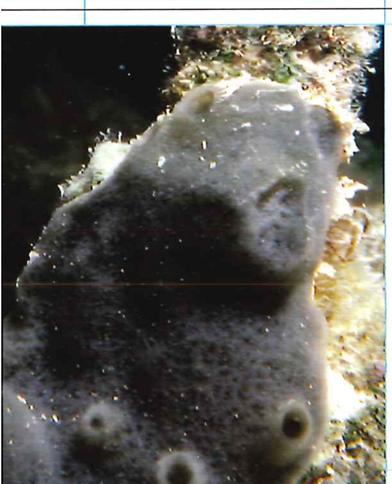
UNIV. DE LAVAL, QUEBEC - K.KOSIK, UNIV. OF CALIFORNIA - T.MACKRELL, UNIV. OF AUCKLAND

ASTRONOMIE

Le télescope à miroir liquide est bientôt prêt pour la Lune

Un télescope lunaire à miroir liquide? Ermanno Borra de l'université de Laval, au Québec, tient à son idée. Plus de quinze ans après l'avoir proposée pour la première fois, il vient de mettre au point avec son équipe un liquide réfléchissant qui supporterait les conditions extrêmes de la Lune et permettrait d'y installer le fameux télescope! Ce liquide remplace le verre poli des télescopes traditionnels et fait office de miroir: déposé dans un conteneur en rotation, il prend la forme d'une parabole parfaitement lisse. De tels miroirs sont déjà utilisés sur Terre avec du mercure, un liquide inadapté à l'atmosphère lunaire car il aurait tendance à s'évaporer. Borra et ses collègues ont donc conçu un liquide ionique recouvert d'un film d'argent s'affranchissant de ce défaut. Si les résultats sont prometteurs, il reste encore à diminuer la température de congélation du liquide ionique et surtout... à retourner sur la Lune pour y construire une base d'accueil pour télescope! **AX.P.**





NEUROSCIENCES

Le système nerveux est vieux comme l'éponge

La première ébauche de système nerveux n'est pas née, comme on le pensait, il y a 600 millions d'années. Mais bien avant, et chez une éponge marine, l'un des plus vieux animaux apparus sur Terre et ayant peu évolué depuis. Des chercheurs de l'université de Santa Barbara, en Californie, ont en effet découvert que de nombreux gènes impliqués chez l'homme dans la connexion entre neurones – la synapse – étaient déjà présents dans le génome de l'éponge, pourtant dépourvu de tout système nerveux. Ces gènes expriment des protéines en tous points identiques à celles que l'on trouve dans les synapses humaines. **O.D.**

< Des gènes liés à notre cerveau se retrouvent chez l'éponge.

ARCHÉOLOGIE

DES OS DE POULETS RÉCRIVENT L'HISTOIRE

Des os de poulet du XIVe siècle, apparentés aux espèces polynésiennes, ont été découverts sur la côte ouest du Chili. Les populations du Pacifique auraient donc atteint le continent américain avant Christophe Colomb! Par ses conclusions, tirées de l'analyse ADN et de la datation par carbone 14 des ossements, l'équipe d'Elisabeth Matisoo-Smith, de l'université d'Auckland (Nouvelle-Zélande), montre d'une part que l'introduction du poulet en Amérique est bien précolombienne et de l'autre qu'il y a eu contact entre Polynésiens et Sud-Américains avant 1492. **E.H.**

> Les ossements ont été datés au carbone 14.

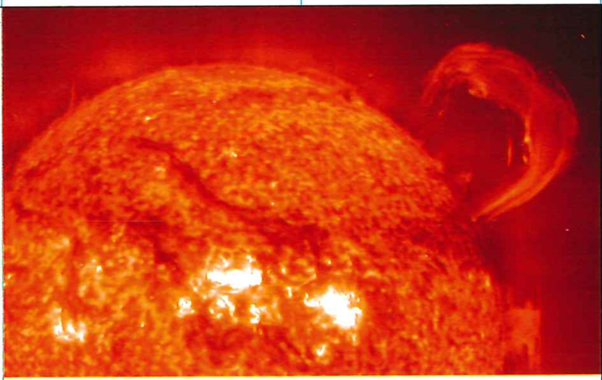
PALÉONTOLOGIE

Un nouvel animal préhistorique sème le trouble

C'est par hasard, en réalisant une petite démonstration de ses techniques de fouilles devant des caméras, que le paléontologue Xing Xu, de l'Académie chinoise des sciences à Pékin, est tombé sur un gigantesque dinosaure à bec très étonnant ! Cinq mètres de haut pour 8 de long, et un poids estimé à 1,4 tonne : *Gigantoraptor erlianensis* a de quoi impressionner... surtout pour un oviraptosaure, la famille parmi laquelle a été classé ce nouvel individu, et dont les autres membres ne dépassent généralement pas les 40 kg ! Pour les paléontologues, ces dinosaures bipèdes à plumes seraient le groupe le plus proche des oiseaux modernes. Or, on pensait jusqu'ici que l'évolution des dinosaures vers les oiseaux s'était accompagnée d'une réduction de la taille... Ce fossile découvert en Mongolie intérieure, 35 fois plus lourd que ses cousins et datant de l'extrême fin du Crétacé (de – 89 à – 65 millions d'années) vient donc semer le trouble. **E.H.**



A côté d'une reconstitution, le crâne de *Gigantoraptor* est imposant.



Le Soleil livre peu à peu les clés de la fusion nucléaire.

ASTRONOMIE

Le vent solaire a une structure fractale !

Sandra Chapman et son équipe de l'université de Warwick (Grande-Bretagne) ont observé que lors des pics d'activité du Soleil, tous les onze ans, alors que son champ magnétique devient le plus fort et le plus fluctuant, la densité d'énergie magnétique des vents solaires présente une structure fractale ! Ses variations constituent en effet un "motif" qui se répète à toutes les échelles. Cette découverte devrait permettre de mieux comprendre le fonctionnement des plasmas (gaz ionisés) dans un fort champ magnétique, une étape déterminante dans la maîtrise de la fusion nucléaire en réacteur. **A.P.**

PHYSIOLOGIE

ON A COMPRIS POURQUOI LE FROID EST DOULOUREUX

Pourquoi le froid est-il à la fois insensibilisant et douloureux ? Des chercheurs allemands ont découvert que certains canaux sodiques – des protéines chargées d'initier les influx nerveux – sont résistants au froid. Les Na$_V$1.8 sont peu activés à température ambiante, mais lorsque celle-ci diminue fortement, ils prennent le relais des canaux sodiques inactivés par le froid pour transmettre un signal de douleur au cerveau. **C.H.**



F.BROWN/AFP - NASA - PREEH ET C.FORSTER, UNIV. OF ERLANGEN



En bref



Elles s'assistent lorsqu'elles sont apparentées.

STONY BROOK UNIV., NY - T.O'HARA/CORBIS

BIOLOGIE VÉGÉTALE

Les plantes possèdent un vrai sens de la famille

Plantée près de ses sœurs (issues du bouturage ou de l'autofertilisation), une crucifère poussera sereine. Mais en présence d'étrangères (appartenant pourtant à la même espèce), elle se livre à une vraie guerre des ressources ! Susan Dudley et Amanda File, biologistes de la McMaster University d'Hamilton, au Canada, ont observé que les caquilliers édentulés distinguent en effet les individus qui leur sont apparentés génétiquement, et les favorise. En freinant le développement de leurs racines, elles économisent ainsi le coût énergétique d'une compétition inutile, puisque les plantes apparentées transmettront les mêmes gènes à leurs descendants. Les variations de la composition du sol influant sur la détection des plantes voisines, ce serait un signal chimique spécifique à chaque famille qui provoquerait la reconnaissance entre sœurs. **Em.H.**



MATHÉMATIQUE

LE MYSTÈRE DES BILLES EN VRAC S'ÉCLAIRCIT

Lorsqu'on empile soigneusement des billes en configuration tétraédrique (en forme de pyramide), on parvient à les faire occuper 74 % du volume d'un récipient. C'est la structure la plus compacte possible. Mais pourquoi, quand on remplit ce récipient au hasard, elles n'occupent au mieux que 64 % du volume ? Deux chercheurs russes viennent d'apporter un début d'explication, en simulant des configurations où les billes occupent entre 53 % et 71 % du volume. Ils ont observé que plus la configuration est dense, plus il se forme d'agrégats de tétraèdres connectés par une face triangulaire. Selon les chercheurs, ces agrégats limitent la densité : lorsqu'on atteint 64 %, aucune bille ne peut plus se faufiler... Ph.P.

> **LES CHAUVES-SOURIS NE SONT PAS SI AVEUGLES !** Contrairement à l'idée reçue, certaines de ces noctambules ne distinguent pas uniquement les gris. La roussette a en effet des "cônes" dans la rétine, qui lui confèrent une vision en bleu et vert.

> **LES VESTIGES DU JEU DE PAUME DE LOUIS XIII ONT ÉTÉ MIS AU JOUR** sous la cour du Grand Commun du château de Versailles. Construit en 1630, c'est un bâtiment de 33 m de long pour 14 de large, dont le sol était couvert de grands carreaux de calcaire. Les archéologues espèrent découvrir d'anciennes balles.

> **SOUS LES TROPIQUES, LES OISEAUX SONT PLUS DÉTENDUS.** Au repos, ils dépensent 18 % moins d'énergie que ceux des régions tempérées. Ils grandissent aussi moins vite, pondent moins d'œufs, et vivent plus longtemps. Mais soumis aux conditions hivernales des régions tempérées, leur métabolisme ne leur permet pas de conserver efficacement la chaleur.

> **LE TROU NOIR LE PLUS LOINTAIN JAMAIS DÉCOUVERT A ÉTÉ REPÉRÉ** à 13 milliards d'années-lumière de la Terre. Il devrait fournir des indications sur les premiers moments de l'évolution de l'Univers.

> **L'ODEUR DES MÂLES REND-ELLE LES FEMELLES PLUS INTELLIGENTES ?** Chez les souris, les phéromones émises par les mâles dominants génèrent de nouveaux neurones chez les femelles ! Ceux-ci leur permettent de bien choisir leur partenaire.

ATTENTION
DOUCHE TRÈS ÉNERGISANTE!

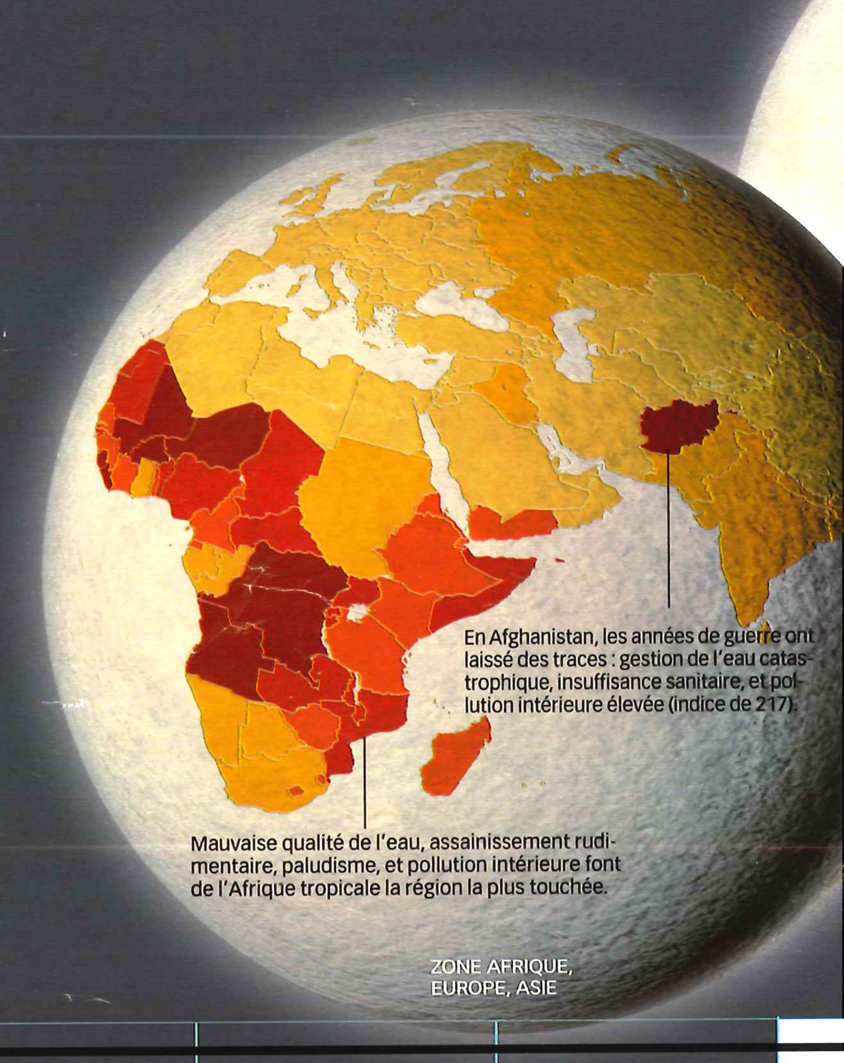


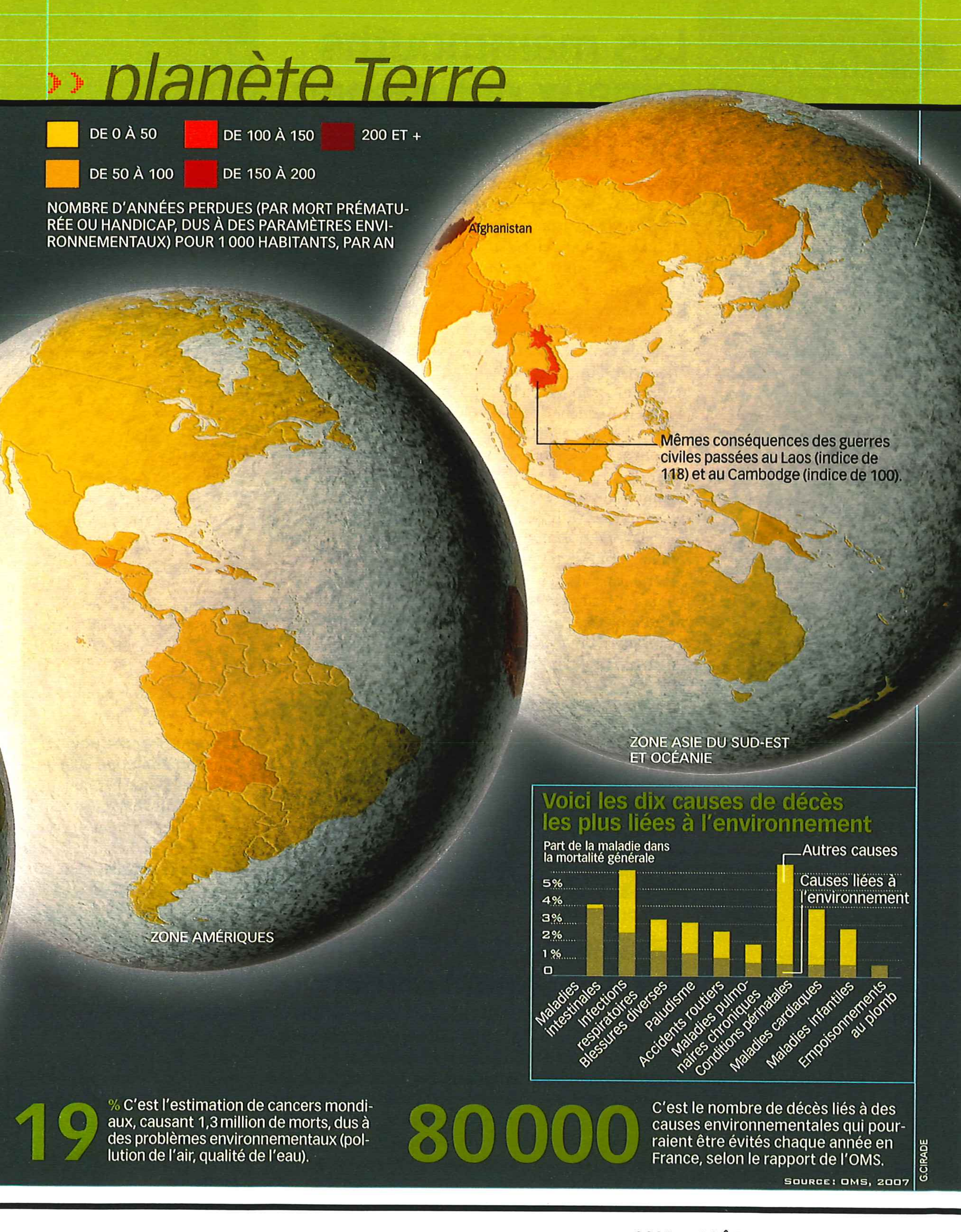
RISQUES SANITAIRES

L'impact des conditions de vie sur notre santé se chiffre

13 millions : c'est le nombre annuel de décès imputables à notre manque de précautions pour le monde qui nous entoure, d'après l'Organisation mondiale de la santé. Une centaine d'experts ont estimé, pathologie par pathologie, la part de dommages qui pourrait être évitée si nous prêtions plus d'attention à la salubrité de notre environnement (par exemple, la pollution, l'exposition à des pathogènes au travail, ou l'aménagement urbain...). Résultat : une estimation pays par pays des dégâts, sous la forme d'un indice qui traduit le nombre d'années de vies perdues ou passées en situation d'incapacité à causes de paramètres environnementaux perfectibles (1). Sans surprise, les régions à faibles revenus sont les plus touchées : leurs populations perdent vingt fois plus d'années de vie en bonne santé par personne et par an que celles des autres pays. Diarrhées, infections des voies respiratoires et paludisme figurent parmi les principaux coupables. Dans les pays industrialisés, près d'un sixième des maladies pourrait être évité, grâce à des interventions sur l'environnement (2), notamment certaines pathologies cardiovasculaires et maladies respiratoires. M.R.V.

(1) www.who.int/quantifying_ehimpacts/countryprofiles (en anglais).
(2) www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease/en/index.html (en anglais ; résumé disponible en français).




DE 0 À 50
DE 50 À 100
DE 100 À 150
DE 150 À 200
200 ET +
NOMBRE D'ANNÉES PERDUES (PAR MORT PRÉMATURÉE OU HANDICAP, DUS À DES PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX) POUR 1 000 HABITANTS, PAR AN
Afghanistan
Mêmes conséquences des guerres civiles passées au Laos (indice de 118) et au Cambodge (indice de 100).
ZONE AMÉRIQUES
ZONE ASIE DU SUD-EST ET OCÉANIE
Voici les dix causes de décès les plus liées à l'environnement
Part de la maladie dans la mortalité générale
Autres causes
Causes liées à l'environnement
5 %
4 %
3 %
2 %
1 %
0
Maladies intestinales
Infections respiratoires
Blessures diverses
Paludisme
Accidents routiers
Maladies pulmonaires chroniques
Conditions périnatales
Maladies cardiaques
Maladies infantiles
Empoisonnements au plomb
19 % C'est l'estimation de cancers mondiaux, causant 1,3 million de morts, dus à des problèmes environnementaux (pollution de l'air, qualité de l'eau).
80 000 C'est le nombre de décès liés à des causes environnementales qui pourraient être évités chaque année en France, selon le rapport de l'OMS.
SOURCE : OMS, 2007
G.CIRADE



Le permafrost devrait fondre moins que prévu

En novembre 2005, *S&V* s'interrogeait sur la menace que constituerait le dégel du permafrost sous l'effet du réchauffement climatique. Ces sols gelés que l'on trouve en Alaska, au Canada ou en Sibérie retiennent en effet prisonniers quantité de matières organiques qui, une fois exposées à l'air ou noyées sous l'eau à la suite du dégel, largueraient massivement du CO_2 ou du méthane dans l'atmosphère. Avec pour conséquence d'accentuer le réchauffement, et donc la fonte du permafrost. Une étude parue en 2005 tablait sur une fonte généralisée du permafrost au cours du siècle. Une modélisation contestée aujourd'hui pour ses approximations par Georg Delisle, de l'Institut fédéral des géosciences et des ressources naturelles de Hanovre. A l'aide d'un modèle alternatif, intégrant toute l'épaisseur du permafrost, le chercheur estime que celui-ci persistera en profondeur entre 60° et 70° de latitude nord, et sera intact au-delà de 70° N. Limitant ainsi les émissions de gaz à effet de serre. Une bataille de modèles, qui ne sera tranchée que par les faits. **B.B.**

PALÉONTOLOGIE

Les mammouths laineux ont disparu un peu par hasard

Nos ancêtres chasseurs ne seraient pas seuls responsables de l'extinction des mammouths laineux ! Selon Ian Barnes, de l'université de Londres, il faut aussi blâmer les mécanismes de l'évolution d'avoir affaibli l'espèce. En analysant l'ADN mitochondrial d'os, de dents et de défenses retrouvés en Eurasie et en Amérique du Nord, le paléobiologiste a fait deux découvertes. D'abord, il a identifié deux lignées de mammouths : une sibérienne, et une autre, issue de la première, qui a migré en Alaska, avant de revenir en Sibérie. Ensuite, il a déduit que la population, sans doute limitée par les ressources, était assez réduite et n'a pas augmenté pendant des dizaines de milliers d'années. Conséquence : le phénomène de dérive génétique, par lequel des caractères disparaissent au hasard des croisements, s'est fait d'autant plus ressentir. Ceci a entraîné une perte de diversité génétique, qui a réduit le potentiel adaptatif de la population face aux changements environnementaux. La lignée sibérienne de souche s'est ainsi éteinte il y a 40 000 ans, alors que la deuxième lignée déclinait lentement. En chassant les derniers représentants de l'espèce, les hommes n'auraient donc mis que le point final à un phénomène d'extinction enclenché des milliers d'années plus tôt. **Em.H.**



> **Ce ne sont pas nos ancêtres qui ont donc causé leur déclin.**



OCÉANOGRAPHIE

La salinité marine indique le changement climatique

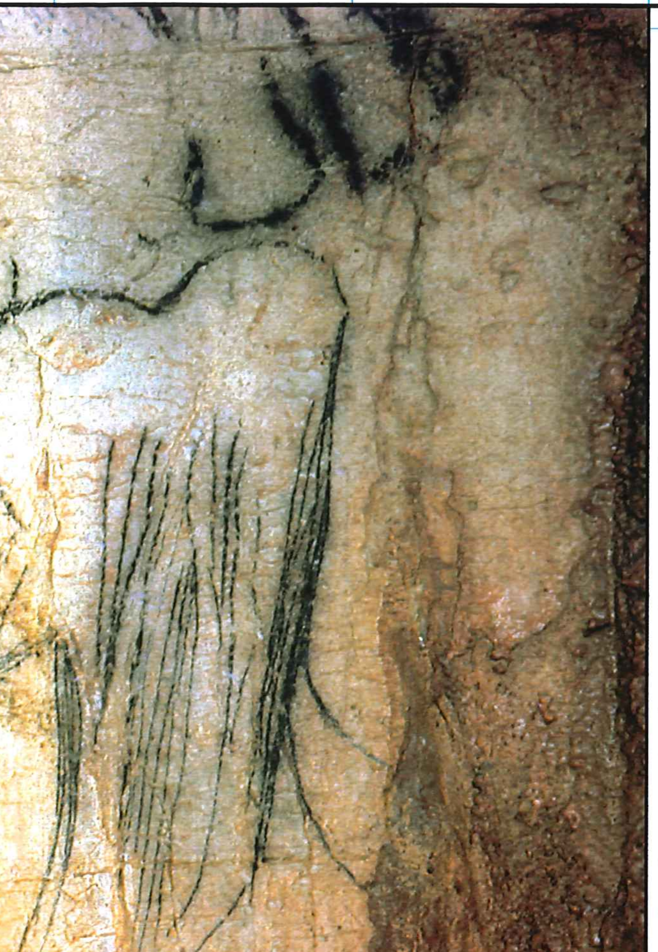
Les variations de la teneur en sel des océans permettraient de prédire le changement climatique à vingt ans ! Des chercheurs espagnols ont en effet montré qu'une élévation de la salinité au large des côtes de l'Afrique du Sud et de la Nouvelle-Zélande a pour effet d'accélérer le courant océanique dans l'Atlantique Nord en moins de vingt ans. Explication : l'eau salée, plus dense, plonge dans les eaux profondes induisant un courant dans l'océan. La vitesse de la circulation océanique étant un facteur clé du changement climatique, la salinité marine pourrait servir de signal d'alarme. **S.C.**

INGÉNIERIE

Astrolab, filière de Boeing, a mis au point une cellule photovoltaïque permettant de convertir l'énergie du soleil en électricité avec un rendement record de 40 %. En comparaison, les cellules classiques au silicium plafonnent à 26 %. Cette nouvelle cellule, dite "multijonction", est constituée de galium, d'indium et de germanium. Associée à des lentilles et des miroirs qui concentrent la lumière, elle capte le spectre solaire de l'infrarouge à l'ultraviolet. **S.M.**

> **Une cellule solaire nouvelle génération.**

S. ET A. TOON/CORBIS - SPECTROLAB, INC - CH. ET J. LENARS/CORBIS - AMERICAN TECHNION SOC. - GETTY



APICULTURE

UN TEST MESURE L'EFFET DES PESTICIDES SUR LES ABEILLES

Les abeilles n'auront-elles bientôt plus à craindre les pesticides ? C'est ce que laisse espérer un test, développé par des chercheurs de l'Inra, qui évalue la toxicité des produits chimiques pour les larves de cet insecte pollinisateur. Réalisé* in vitro*, ce test permet d'établir précisément la dose à partir de laquelle un pesticide ingéré par une larve d'abeille induit un retard de croissance ou une mortalité. Les effets différés, sur la nymphe ou l'abeille adulte, sont aussi surveillés. Ce test pourrait servir aux laboratoires agréés chargés de l'évaluation des pesticides, et devenir un passage obligé pour obtenir une autorisation de mise sur le marché. **F.H.**

^ Leur seuil de tolérance sera désormais connu.

INGÉNIERIE

L'eau potable se trouve une nouvelle source

La consommation d'eau insalubre tue chaque jour 5 000 enfants dans le monde. Pour tenter de remédier à ce fléau, Joseph Cory et Eyal Malka, deux architectes israéliens de l'Institut de technologie Technion, ont conçu "WatAir", une structure légère qui, grâce à la gravité, récolte l'humidité atmosphérique pour fournir de l'eau potable. Inspirée de la capacité des feuilles des végétaux ou des toiles d'araignée à fixer la rosée du matin, WatAir peut être fabriquée localement avec des matériaux recyclés. Chaque unité, constituée d'un récolteur d'eau à sa base et de 96 m^2 de panneaux assemblés en une pyramide inversée, pourrait, d'après ses concepteurs, fournir un minimum de 48 litres d'eau par nuit, y compris dans les régions arides ou polluées. Les architectes israéliens ne sont pas les seuls à s'intéresser à la rosée : en Inde, une "usine à rosée" a vu le jour (voir *Science & Vie* n° 1073, p. 26), fruit d'une collaboration avec des chercheurs français. **C.H.**



^ Baptisée "WatAir", cette structure récolte la rosée et fournit ainsi, d'après ses concepteurs, un minimum de 48 litres d'eau par nuit.



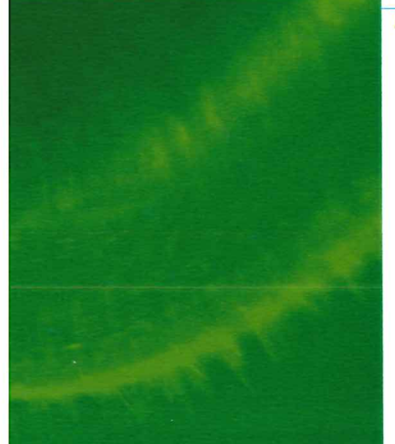
> Utiliser 30 % de biocarburant dans un réacteur classique réduirait de 20 % les rejets de CO_2.

ÉNERGIE

Les réacteurs d'avion se mettent au biocarburant

CFM International, constructeur franco-américain de réacteurs d'avions, a effectué avec succès, le 12 juin dernier, le premier essai d'un de ses réacteurs avec un biocarburant. L'essai a eu lieu sur le site Snecma de Villaroche, au sud de Paris, avec un réacteur CFM56-7B. Le carburant était composé de 70 % de kérosène, utilisé sur tous les moteurs à réaction, et de 30 % d'un biocarburant issu de la biomasse, un ester méthylique d'huile végétale (EMHV). Il s'agissait de vérifier qu'un réacteur classique peut fonctionner avec un tel mélange sans modification technique sur le moteur lui-même. Objectif : réduire de 20 % les émissions globales de CO_2 issues de la combustion de carburant dans le réacteur. Le choix d'un biocarburant utilisable sur les réacteurs d'avion doit répondre à des critères précis : capacité à se mélanger avec les carburants à base d'hydrocarbures, stabilité thermique (pas de solidification à basse température ni de cokéfaction à haute température), pouvoir calorifique suffisant, qualité de lubrification pour les matériaux du réacteur, et disponibilité suffisante à l'échelon mondial. L'EMHV paraît remplir ces critères-là. En attendant une utilisation généralisée de ces biocarburants, le secteur aérien représente environ 2,5 % des émissions mondiales de CO_2. Et le trafic pourrait doubler d'ici à 2020. **G.C.**

D.R. - N.REYNARD/GAMMA - J.FOX/NIH/NRSA



AGRICULTURE

Les pesticides freinent la croissance des plantes

En perturbant la fixation de l'azote des plantes, les pesticides réduiraient d'un tiers les rendements ! C'est ce qu'a prouvé Jennifer Fox, de l'université de l'Oregon, sur les légumineuses. Celles-ci (luzerne, soja, haricot...) bénéficient d'une association avec des bactéries hébergées dans leurs racines, qui transforment l'azote de l'air en ammoniac, que la plante utilise pour grandir. Certains pesticides perturbent ce mécanisme, en bloquant le signal qui déclenche la migration des bactéries vers les racines des légumineuses. Sans ces bactéries, les plantes sont privées d'azote, et freinées dans leur croissance. **Em.H.**

< Les rendements de la luzerne (ci-contre) sont réduits d'un tiers.

BIODIVERSITÉ

L'ÉLÉPHANT D'AFRIQUE OBTIENT UN SURSIS

Le commerce de l'ivoire provenant d'éléphants d'Afrique sera interdit jusqu'en 2016. C'est ce qui a été décidé lors de la dernière conférence sur le commerce des espèces sauvages. Le braconnage décime en effet chaque année la population de pachydermes en Afrique centrale, de l'Ouest et de l'Est. A la suite d'un compromis, seule l'Afrique australe, où l'éléphant n'est plus menacé, a été autorisée à vendre ses stocks d'ivoire déclarés au 31 janvier 2007, soit plus de 150 t. F.H.

> Le commerce de l'ivoire sera interdit jusqu'en 2016.





Photos © Corbis.

TOUS LES JOURS DÈS 19H30, LE COÛT DE CONNEXION EST OFFERT(1).

DU 12/07/07 AU 28/09/07.

Appels facturés hors forfait pour les Abonnés SFR, décomptés des Forfaits Bloqués SFR et du crédit de communication SFR La Carte. Appels voix (hors n° spéciaux et certains services SFR). Le tarif national correspond au tarif "au-delà" du Forfait pour les Abonnés SFR, au tarif minute national de base pour les clients Forfaits Bloqués SFR, au tarif de 0,55€/mn pour les clients SFR La Carte, et au tarif à 0,50€/mn pour les clients SFR Accès. Détails de l'offre Vodafone Passport disponible sur www.sfr.fr, rubrique "l'international".
(1) Promotion réservée aux abonnés (hors SFR Entreprises, Forfaits Bloqués SFR).
(2) Dans la limite de couverture des réseaux partenaires de SFR.

SFR

vodafone PASSPORT

Avant de partir, activez l'option gratuite sur www.sfr.fr.

* À partir du 12 juillet, l'offre Vodafone PASSPORT s'étend à l'ensemble de l'Union Européenne, quel que soit le réseau visité(2).

Le coût de connexion hors promotion est de 1€/appel.



^ Cette tour a mesuré les échanges gazeux forêts/atmosphère.

GÉOCHIMIE

Le "poumon vert" dépend de nous

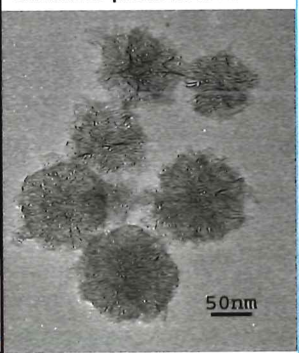
C'est prouvé : la fonction de "puits de carbone" des forêts, qui compense environ 25 % des émissions de carbone fossile, est influencée par les activités humaines, et ce, dans des proportions jusque-là insoupçonnées. Pour parvenir à cette conclusion, une équipe internationale de scientifiques a mesuré la capacité de fixation du carbone de forêts d'âges variés. Premier résultat : très jeunes ou très âgés, les écosystèmes forestiers n'absorbent que 56 % des quantités maximales de carbone fixées à l'âge adulte. Autrement dit, l'exploitation des forêts, qui raccourcit leur cycle de vie, réduit leur capacité à fixer du carbone. Plus inattendu, les chercheurs ont décelé une corrélation entre la quantité de carbone absorbé par une forêt au cours de sa vie et la pollution atmosphérique azotée. Sur les sites les plus pollués, la fixation de carbone est améliorée, vraisemblablement parce que l'azote stimule la croissance des arbres. "*L'implication directe de cette étude est simple : l'homme doit maîtriser le fonctionnement du cycle du carbone à l'échelle globale*", conclut l'un des auteurs, Denis Loustau, de l'Inra de Bordeaux. **M.R.V.**

INGÉNIERIE

Le stockage d'hydrogène est sur la bonne voie

Après les nanotubes de carbone, les nanocornets ! Mis au point par Marie-Louise Saboungi (CNRS) et ses collègues espagnols et britanniques, ces nouveaux nanomatériaux coniques ont le pouvoir de stocker et libérer l'hydrogène à des températures proches de la température ambiante. Cette découverte pourrait résoudre le problème du stockage de l'hydrogène, qui demeure l'un des principaux inconvénients de ce vecteur d'énergie renouvelable et non polluant. Compresser classiquement ce gaz ultraléger implique de disposer de réservoirs très volumineux. Un gros handicap dans le secteur des transports. L'assemblage avec des métaux est, lui, compact mais lourd et coûteux. D'où la recherche d'une alternative. L'utilisation des nanotubes de carbone est efficace à ce titre, mais nécessite des températures inférieures à – 196 °C. Ecueil auquel semblent échapper les nanocornets. **C.H.**

v Les nanocornets sont des structures prometteuses.



GÉOPHYSIQUE

À 1 MM PRÈS, ON SAIT OÙ SE TROUVE LE CENTRE DE LA TERRE !

En combinant les données de satellites géostationnaires, de radiotélescopes terrestres et de GPS, une équipe de la Nasa a réussi à déterminer la position du centre de la Terre à 1 mm près. Calculer avec précision l'élévation du niveau des océans ou bien la fonte des glaciers est devenu une nécessité. Sachant que ces variations sont de l'ordre du millimètre, affiner la mesure du centre de la Terre, qui sert de référence, prend toute son importance. ***E.N.***

^ Le satellite *Lageos* a notamment permis d'affiner la mesure.

NASA - PHOTOTÈQUE CNRS

PHYSIOLOGIE

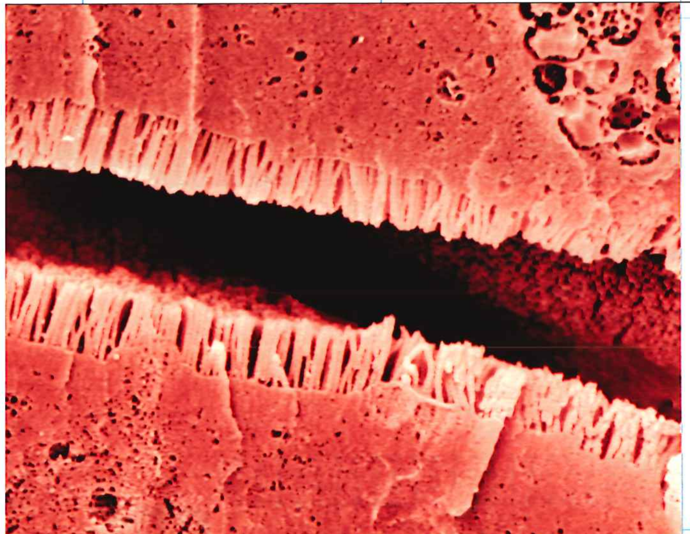
Une simple protéine pourrait prédire les risques de mortalité

En dosant la protéine C dans le sang de malades atteints d'infection grave, des chercheurs espèrent identifier les cas les plus sévères.

Un simple dosage en laboratoire de la protéine C pourra-t-il prédire le risque de mortalité des malades souffrant d'infection grave? Le but: identifier les patients les plus fragiles et les prendre en charge plus spécifiquement. La protéine C est un anticoagulant que le corps synthétise en cas d'inflammation mais qui fait partiellement défaut si celle-ci devient chronique. Pour la première fois, des chercheurs de l'université Friedrich Schiller de Jena (Allemagne) ont analysé la relation entre la concentration sanguine de la protéine et les dysfonctions des organes essentiels (poumon, foie, rein...) chez 312 patients admis en soins intensifs après une intervention chirurgicale. Leurs résultats: la mortalité est quatre fois plus élevée chez les patients ayant un taux de protéine C faible. Mais cette observation "*ne doit en aucun cas être interprétée comme un lien de causalité*", nuance le Pr Didier Payen (hôpital Lariboisière, Paris). Seules des études plus poussées pourront permettre de conclure à l'efficacité de ce dosage. Une voie suivie par une compagnie privée américaine qui développe déjà un test rapide. **F.H.**



> Ce dosage permettrait d'identifier les patients les plus fragiles des services de soins intensifs.



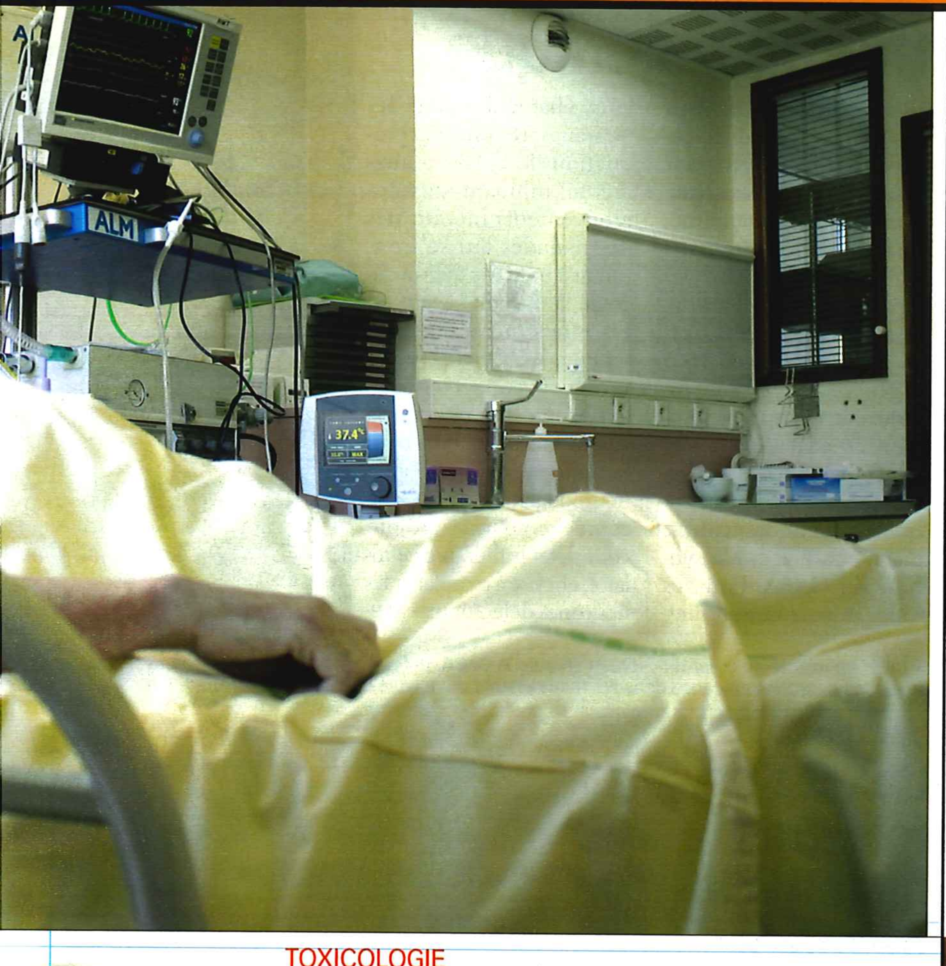
GASTRO-ENTÉROLOGIE

Nos intestins ont du goût

Consommer un plat chargé en aromates pourrait être à l'origine de troubles digestifs, sans qu'aucune forme d'infection n'entre en jeu. En effet, des biologistes de l'université munichoise Ludwig-Maximilian viennent de découvrir que la paroi intestinale humaine renferme des cellules sensorielles capables de détecter les aromates, tout comme celles présentes sur la langue et dans le nez. Observées pour la première fois, ces cellules réagissent notamment aux arômes du thym, du clou de girofle et de la noix de muscade. Cette réaction entraîne la libération normale d'une molécule, la sérotonine, qui provoque des contractions intestinales et la sécrétion de sucs gastriques. Seulement voilà, à forte dose, la libération de sérotonine provoque des troubles digestifs (constipations, diarrhées, inflammations intestinales). Jusqu'à présent, on pensait que seuls le sucre ou les acides gras pouvaient provoquer pareille réaction. **O.D.**

< **Les villosités intestinales renferment des cellules sensorielles.**

BSIP - IFREMER - SPL/COSMOS - O. PANIER DESTOUCHES/DOLCE VITA



UROLOGIE

Le traitement de l'incontinence par injection de cellules musculaires donne de premiers résultats encourageants. Développée à Innsbruck (Autriche), cette thérapie consiste à prélever une petite zone de muscle dans l'avant-bras, à mettre en culture les cellules ainsi obtenues, puis à les réinjecter au niveau du sphincter de la vessie. 63 patientes ont participé à cette étude, 42 ont reçu les cellules et 21 ont seulement reçu du collagène pour combler la zone lésée. Toutes ont bénéficié de rééducation. Résultat, 90 % des patientes du premier groupe ne sont plus incontinentes au bout d'un an contre moins de 10 % dans l'autre groupe. Cette méthode pourrait bientôt être proposée à des patientes pour lesquelles les traitements classiques ont échoué. **C.T.**

Réparer la vessie (en bleu) avec des cellules musculaires.



TOXICOLOGIE

PRÉSENTE EN MÉDITERRANÉE, UNE ALGUE TROPICALE INQUIÈTE



L'algue Ostreopsis ovata, qui peut provoquer des troubles respiratoires, inquiète les autorités sanitaires françaises. Originaire des tropiques, elle a causé plusieurs syndromes respiratoires dans le nord-est de l'Italie en 2005. Signalée près des côtes marseillaises en 2006, elle fait l'objet cet été d'une surveillance renforcée sur les rivages méditerranéens. Sa migration est sans doute due au réchauffement des mers. V.B.

Ostreopsis ovata provoque des troubles respiratoires.

GYNÉCO-OBSTÉTRIQUE

Avoir un frère jumeau rend moins féconde...

Lorsque des jumeaux sont de sexe opposé, la fille est moins féconde que si elle avait eu une jumelle. Cette baisse de la fécondité pourrait être due à l'exposition à la testostérone du frère durant la grossesse. A l'inverse, le garçon ne serait pas influencé par les œstrogènes de sa sœur. Cette hypothèse est le fruit de l'analyse des grossesses gémellaires recensées dans cinq paroisses rurales de Finlande entre 1734 et 1888, époque à laquelle les données ne sont pas influencées par la contraception. L'équipe de la chercheuse Virpi Lummaa (université de Sheffield, Royaume-Uni) s'est intéressée à des jumeaux élevés ensemble ou séparés à la naissance, écartant ainsi l'influence de l'éducation. Dans les deux cas, elle a calculé que les jumelles qui côtoyaient un jumeau *in utero* avaient une probabilité de descendance réduite de 25 % par rapport à celles qui avaient une jumelle. De plus, celles qui se sont mariées ont élevé en moyenne deux enfants de moins. **F.H.**

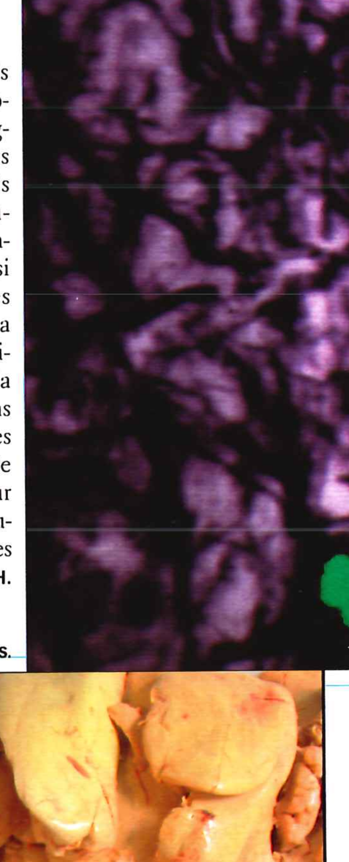


∧ L'exposition du fœtus fille à la testostérone serait en cause.

NEUROCHIRURGIE

Des parkinsoniens ont bénéficié d'une thérapie génique

Injecter directement dans le cerveau un gène médicament capable de diminuer les symptômes de la maladie de Parkinson. Voilà la méthode inédite testée sur onze patients par Michael Kaplitt et Matthew During, neurochirurgiens de la Cornell University de New York. Le gène, préalablement introduit dans un virus inoffensif, est envoyé par injection dans le noyau subthalamique. Une fois intégré dans le génome des cellules, le gène participe à la synthèse du GABA, l'un des principaux neurotransmetteurs chargé d'inhiber les neurones. Résultat : la production de GABA a augmenté, inhibant ainsi les mouvements incontrôlés des malades qui se trouvaient à un stade déjà avancé de la maladie. Même si ces effets thérapeutiques sont modérés, cette étude a permis de vérifier l'innocuité du procédé, ouvrant la voie à son utilisation dans le traitement des maladies neurodégénératives. Cette approche pourrait un jour compléter la thérapie cellulaire, qui vise à remplacer les neurones défectueux. **C.H.**



> Un gène injecté au cœur du cerveau stimule le GABA, qui inhibe les neurones en cause dans les mouvements incontrôlés.

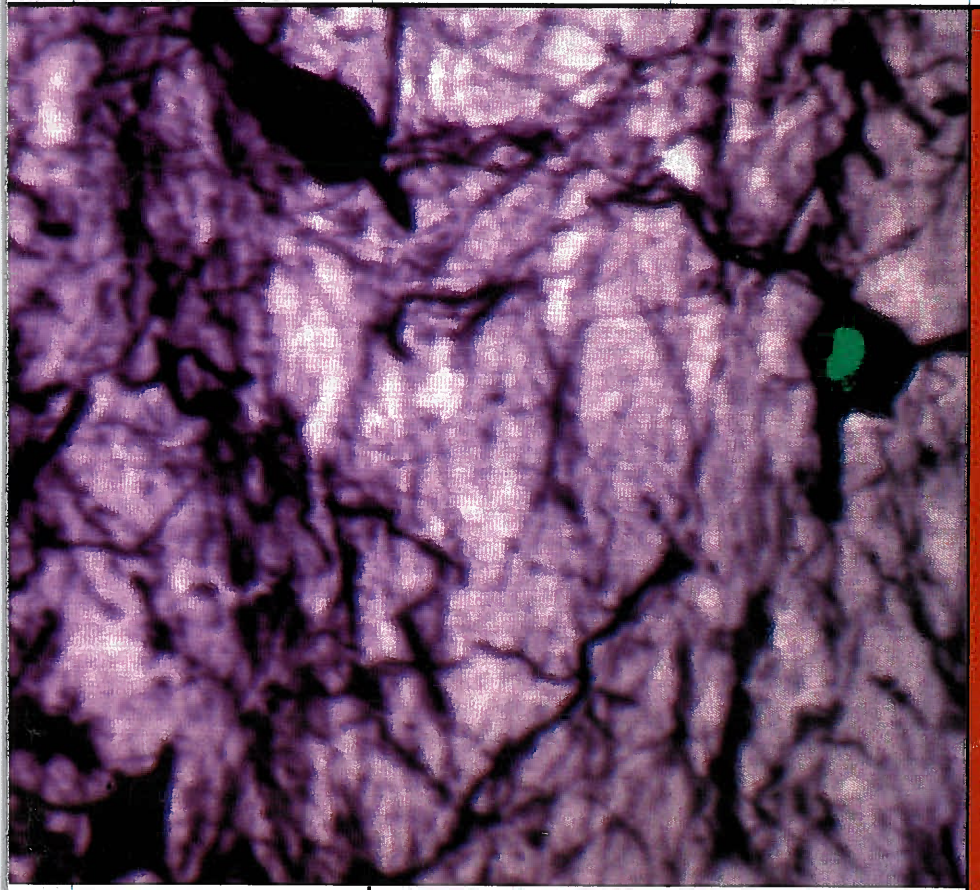
NEUROLOGIE

L'excès de foie gras nuirait à la mémoire

La nouvelle a fait grand bruit et provoqué l'inquiétude des amateurs de foie gras. Des chercheurs américains de l'université du Tennessee estiment que sa consommation favoriserait les maladies neurodégénératives. Pas de panique : leur étude porte chez des souris manipulées génétiquement pour développer ces maladies. Chez ces rongeurs, les protéines amyloïdes contenues dans le foie gras se déposent dans certains organes, dont le cerveau. Or, ce sont ces protéines amyloïdes qui, en formant des dépôts anormaux autour des neurones, provoquent leur destruction. Elles seraient donc à l'origine de la maladie d'Alzheimer. D'où l'idée avancée par les chercheurs que le foie gras favoriserait la maladie d'Alzheimer chez des personnes ayant des antécédents familiaux pour cette maladie. Une extrapolation qui ne repose à ce jour sur aucune enquête épidémiologique. Par ailleurs, les souris utilisées sont transgéniques et développent de toute façon des maladies neurodégénératives. **M.Cy**



∧ Un lien existerait-il entre la consommation de foie gras et la maladie d'Alzheimer ? L'étude est encore incomplète.



PHYSIOLOGIE

Comment bloquer les effets du stress sur la prise de poids ? La solution viendra peut-être des recherches menées sur des souris obèses et stressées à l'université de Georgetown, aux Etats-Unis. Zofia Zukowka et son équipe ont identifié chez l'animal le peptide Y2, une petite molécule normalement produite par le cerveau en cas de stress, qui a également révélé un pouvoir de stimulation de la masse grasse même en l'absence d'apport calorique. Les chercheurs ont ensuite bloqué les récepteurs de ce peptide Y2 dans les tissus graisseux. Résultat, les souris stressées ne grossissaient pas, contrairement à leurs congénères aux récepteurs non bloqués. C.T.

EPIDÉMIOLOGIE

LE CANCER NE SE TRANSMET PAS PAR TRANSFUSION

L'équipe de Gustaf Edgren, de l'Institut Karolinska de Stockholm, a consulté 350 000 dossiers de transfusions effectuées entre 1968 et 2002, parmi lesquels 3 % des donneurs étaient "précancéreux". Conclusion : avec un recul de 34 ans, on constate qu'un receveur ne court pas plus de risque de développer un cancer que la population générale, quand il a été transfusé avec du sang d'un donneur dont le cancer n'a pas encore été diagnostiqué.

> La transfusion sanguine n'expose pas à un risque de cancer accru.

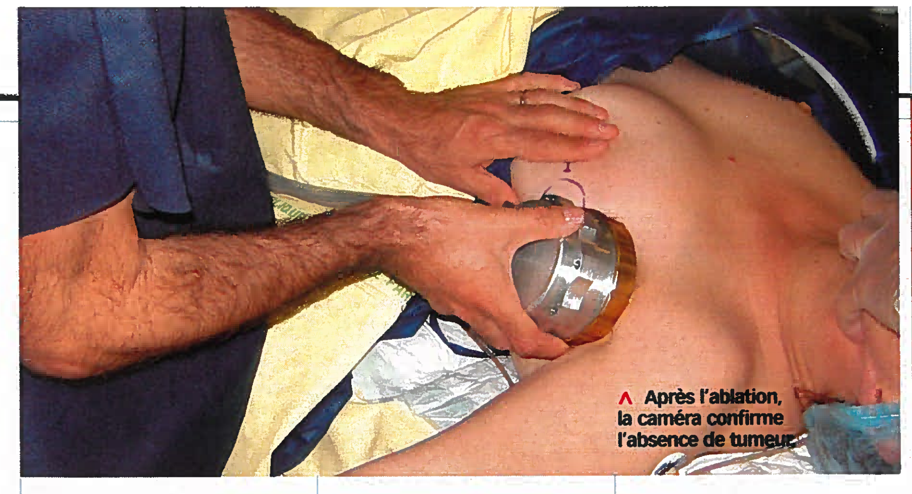
Bon à savoir

> ***LA PILULE "ANTI-OBÉSITÉ" DE SANOFI-AVENTIS NE SERA PAS COMMERCIALISÉE AUX ETATS-UNIS.*** Les experts de la FDA, l'Agence américaine du médicament, ont dit "non" au rimonabant. Motif : il entraînerait sautes d'humeur et idées suicidaires. Autorisé par l'Agence européenne des médicaments, il est commercialisé en France depuis avril.

> ***AVION, TRAIN, VOITURE : LES VOYAGES DE PLUS DE QUATRE HEURES DOUBLENT LE RISQUE DE FORMATION D'UN CAILLOT SANGUIN DANS LES VEINES***, estime l'Organisation mondiale de la santé, après six ans d'enquête. Même si ce risque reste faible, il persiste 4 semaines environ après le voyage !

> ***LORSQU'ILS SONT EXPOSÉS AUX POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES DU TRAFIC ROUTIER AU COURS DE LA GROSSESSE, LES NOUVEAU-NÉS ONT UN POIDS DE NAISSANCE PLUS FAIBLE.*** Voici le résultat de l'étude menée par Rémy Slama (Inserm). En traversant les alvéoles pulmonaires, les fines particules émises par les moteurs atteindraient le placenta *via* la circulation sanguine maternelle, perturbant ainsi la croissance du fœtus.

> ***ON SAIT DÉSORMAIS QUE LE VIRUS DU CHIKUNGUNYA SE CACHE DANS LES CELLULES SOUCHES MUSCULAIRES***, grâce à des travaux menés par l'Institut Pasteur. Seul le suivi des patients permettra de savoir s'ils souffriront de crises récurrentes.


Après l'ablation, la caméra confirme l'absence de tumeur.

IMAGERIE MÉDICALE

Une minicaméra visualise les lésions cancéreuses pendant l'opération

Utilisable au bloc opératoire, une caméra miniaturisée capable de détecter les lésions cancéreuses a été mise au point par des chercheurs de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules du CNRS. Cet appareil permet de guider les gestes du chirurgien en détectant les ondes gamma émises par les lésions tumorales préalablement marquées par un élément radioactif. Avec un champ de vision de 13 cm², la caméra peut être positionnée au contact de la zone à opérer. Ainsi, cette minicaméra permet de localiser précisément les tissus tumoraux, de réaliser leur ablation complète, et de confirmer, après excision, l'absence de radioactivité résiduelle. Testée à l'hôpital Tenon (Paris) sur une centaine de patientes atteintes d'un cancer du sein, elle offre d'excellents résultats pour identifier les "ganglions sentinelles", c'est-à-dire la première étape des métastases. D'autres projets concurrents sont en cours de développement dans le monde. **F.H.**





NEUROLOGIE

La présence de micropolluants dans l'alimentation aurait un impact sur l'apprentissage, selon les travaux menés à Nancy-Université. Les hydrocarbures et résidus de combustion provoqueraient des difficultés de mémoire immédiate chez les jeunes rats lorsqu'ils sont nourris chaque jour, pendant 3 semaines, avec du lait de chèvre ayant mangé du foin contaminé. Cet impact des micropolluants sur le cerveau était méconnu. **E.N.**

GÉNÉTIQUE

UN RIZ TRANGÉNIQUE SERT DE VACCIN ANTICHOLÉRA

Le vaccin contre le choléra mis au point par Hiroshi Kiyono (université de Tokyo) est à base de riz génétiquement modifié. Efficace chez la souris, il se conserve un an et demi à température ambiante, et induit une immunité au niveau même des muqueuses, porte d'entrée de beaucoup d'infections. Si l'amélioration des réseaux d'assainissement de l'eau est la meilleure solution pour lutter contre le choléra, un vaccin pourrait être utile en situation d'urgence. Reste maintenant à le tester chez l'homme. **C.H.**

Ils ont dit

> **"DANS UNE FAMILLE [...], LE RISQUE DE RÉCURRENCE DE MORT SUBITE INEXPLIQUÉE DU NOURRISSON APRÈS UN PREMIER ÉVÉNEMENT DU MÊME TYPE EST TRÈS LÉGÈREMENT AUGMENTÉ, MAIS RESTE TRÈS FAIBLE",** Dr Chris Bacon, de la Fondation pour l'étude des morts infantiles, Londres.

> **"AVEC LE TAUX ACTUEL D'AMNIOCENTÈSE DES FEMMES EN FRANCE (15 %), SOIT LE RECORD DU MONDE, IL Y A PLUS DE GROSSESSES NORMALES QUI S'INTERROMPENT POUR FAUSSE COUCHE QUE D'ENFANTS TRISOMIQUES DÉPISTÉS",** Pr Jacques Milliez, chef de service gynécologie-obstétrique de l'hôpital Saint-Antoine (Paris).

> **"AFIN DE LIMITER LE NOMBRE D'AMNIOCENTÈSES ET D'AMÉLIORER LE TAUX DE DÉTECTION DE LA TRISOMIE 21, DEUX EXAMENS SERONT DÉSORMAIS RECOMMANDÉS DURANT LE PREMIER TRIMESTRE DE LA GROSSESSE : UNE MESURE DE LA CLARTÉ NUCALE AU COURS DE L'ÉCHOGRAPHIE DU TROISIÈME MOIS ET UN PRÉLÈVEMENT SANGUIN AFIN DE DOSER DES MARQUEURS MATERNELS",** Haute autorité de santé publique

> **"CONTRAIREMENT À CE QUI A ÉTÉ DIT, ON SAIT AUJOURD'HUI QUE LES RAYONS ARTIFICIELS PRÉSENTENT AUTANT DE RISQUES QUE CEUX DU SOLEIL",** Dr Caroline Robert, chef du service de dermatologie à l'Institut Gustave-Roussy.





Qu'est-ce que l'ingéniosité en matière automobile? C'est réussir à concevoir un véhicule aux lignes fluides et dynamiques disposant d'un insoupçonnable espace intérieur. C'est répondre à vos besoins de modularité du coffre grâce à une banquette rabattable en un geste. L'ingéniosité, c'est faire d'un véhicule racé aux qualités routières remarquables un modèle de polyvalence et de praticité.

PLACE À L'INGÉNIOSITÉ.

207 SW

PEUGEOT

Consommations mixtes (en l/100 km) : de 4,6 à 7. Émissions de CO_2 (en g/km) : de 123 à 167.

l'agenda des sciences

AOÛT



CONGRÈS MONDIAL DE CHIMIE

Du 5 au 11 août, à Turin (Italie)

Pour les chimistes du monde entier, il s'agit sans aucun doute de LA réunion annuelle à ne pas manquer. Organisé par l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), ce 41e congrès mondial de chimie aura pour thème principal la protection de notre santé, de notre environnement et... de notre héritage culturel ! Car, qu'il s'agisse d'alimentation, de médication, de pollution atmosphérique ou encore de restauration de trésors archéologiques, la chimie est partout et elle a son mot à dire.

Le grand rendez-vous annuel de la géochimie

Du 19 au 24 août, à Cologne (Allemagne)

Quelle science traite aussi bien de la formation des planètes, que de la tectonique des plaques et de l'apparition de la vie ? La géochimie. Le thème de la conférence Goldschmidt sera d'ailleurs "de l'atome aux planètes". Un événement qui réunira 2 300 spécialistes !

3 5 16 19 27



DÉPART VERS MARS DE LA SONDE "PHOENIX"

A partir du 3 août, en Floride (Etats-Unis)

***Phoenix*, dernière-née des sondes de la Nasa dédiées à la recherche de vie sur Mars, sera lancée début août. Si tout va bien, après un voyage de 200 millions de kilomètres, elle devrait se poser en mai 2008 à proximité de la calotte polaire de l'hémisphère nord (68°N, 232°E), l'endroit même où l'on a pu établir la présence d'eau gelée, pour y rechercher d'éventuelles traces de vie dans le sol martien.**

Destination orbite lunaire pour le satellite "Selene"

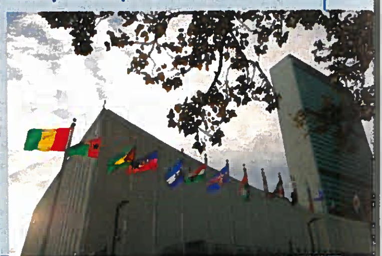
A partir du 16 août, au Japon

L'agence spatiale japonaise Jaxa enverra un satellite en orbite à 100 km autour de la Lune afin d'en étudier les reliefs, la composition du sol, la gravité et le magnétisme. Le but : percer le secret de son origine. La Lune se serait formée à partir des débris de la collision d'un astéroïde avec la jeune Terre.

EFFET DE SERRE : ET APRÈS 2012 ?

Du 27 au 31 août, à Vienne (Autriche)

Sur la période 2008-2012, les signataires du protocole de Kyoto se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 5 % par rapport à 1990. Ces mêmes pays se réunissent pour discuter des objectifs de réduction pour l'après 2012.



JPL/NASA - D.VAN DER STOCKY/GAMMA - J.LUTZ/REDUX-REA


BDF ●●●●
Beiersdorf
NIVEA
DEODORANT
FOR MEN
AQUA
COOL
24h
PRÉPAREZ-VOUS
AU GRAND
FRISSON
NIVEA DÉO AQUA COOL
Une fraîcheur intense... qui dure jusqu'à 24h non stop !
Jamais un déo ne vous avait rafraîchi comme ça.
www.NIVEA.fr/aquacool
NIVEA
DEODORANT

les clés pour comprendre

L'historique

2007 Mise en service du TGV Est.

2005 Création de l'Agence ferroviaire européenne, pour élaborer des normes.

2003 La Commission européenne définit les projets à terminer d'ici à 2010 (une partie de la liaison Lyon-Turin, et ceux à lancer pour 2020.

1996 Mise en service du Thalys entre Paris, Bruxelles et Amsterdam, puis Cologne.

1994 Premier Eurostar entre Paris et Londres. Lancement du projet de réseau à grande vitesse par la Commission européenne.

1992 Première ligne à grande vitesse en Espagne, Madrid-Séville.

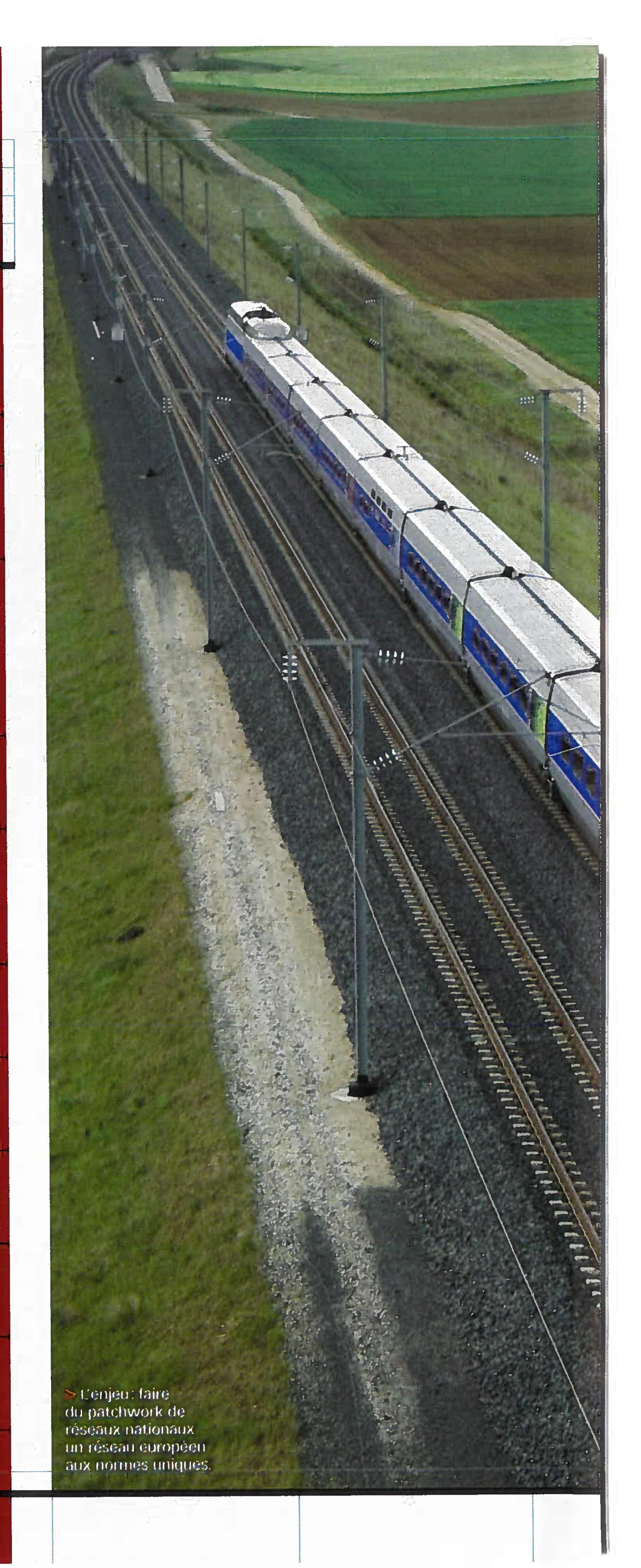
1981 Première ligne à grande vitesse en France, Paris-Lyon.

1976 En Italie, premier tronçon à grande vitesse européen, Rome-Florence.

1964 Au Japon, première ligne à grande vitesse au monde, Tokyo-Osaka.

1957 Trans-Europe Express, entre France, Allemagne, Suisse et Italie, à 160 km/h.

1891 Premier Orient-Express (Paris-Vienne).



> L'enjeu : faire du patchwork de réseaux nationaux un réseau européen aux normes uniques.

TRANSPORT

VERS L'EUROPE DU RAIL À GRANDE VITESSE

TGV Est, Thalys, Eurostar : l'ambitieux projet européen de réseau ferroviaire à grande vitesse prend forme. Mais les obstacles techniques, nombreux, retardent le développement des lignes transfrontalières.

Par Nicolas Constans



SNCF-CAV-J.M. FABBRO

Depuis juin, les voyageurs pressés de rejoindre la Lorraine peuvent emprunter le TGV Est entre Paris et Baudrecourt, premier tronçon d'une ligne qui ira jusqu'à Bratislava (Slovaquie). Et d'ici à la fin de l'année, l'Eurostar aura réduit son temps de parcours de vingt minutes, reliant Paris à Londres en 2 h 15. Deux avancées indéniables du rail à grande vitesse, issues d'un programme ambitieux, lancé en 1994 par la Commission européenne, visant à relier les grandes métropoles par des trains filant à plus de 250 km/h : Lyon-Barcelone en 2 h 35, Lyon-Milan en 2 h 17, Strasbourg-Munich en 2 h 55, Paris-Francfort en 3 h 35, etc. (voir **clé n° 1**).

Un coup d'œil à la carte actuelle pourrait faire croire que ce réseau est déjà bien avancé. Il n'en est rien : hormis le Thalys (Paris-Bruxelles) et l'Eurostar (Paris-Londres), le rail européen à grande vitesse est un patchwork de réseaux nationaux qui s'ignorent. A tel point que l'Agence ferroviaire européenne a spécialement été créée en 2005 pour harmoniser ces réseaux. Une mission pleine d'obstacles. Premier point noir ? Les zones frontalières. Parce que les projets ferroviaires sont en majorité financés par les Etats ou leurs régions, qui préfèrent se concentrer sur leurs lignes intérieures. Face à ce constat, l'Union européenne a peu à peu augmenté sa contribution pour ces zones : son financement peut désormais atteindre un maximum légal de 30 %.

DES ADAPTATIONS COMPLEXES

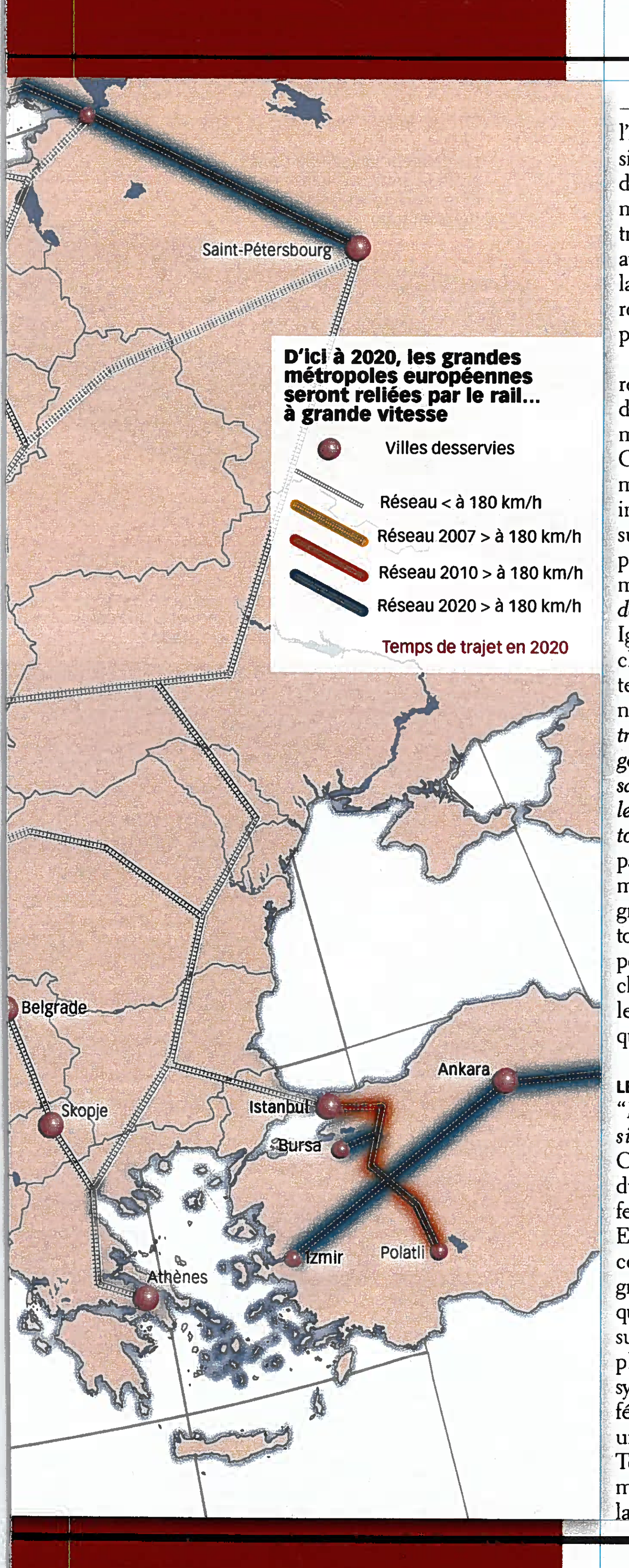
Autre obstacle : la nature ! Le projet de ligne Lyon-Turin, par exemple, est un monstre de travaux, avec la percée d'un tunnel de 53 km entre Savoie et Piémont, à laquelle s'opposent les habitants de la vallée de Suse. Le creusement du tunnel principal pourrait commencer en 2010. Et la ligne ne devrait pas être mise en service avant 2020. La ligne Perpignan-Figueras, à cheval sur la frontière franco-espagnole, qui reliera le TGV Méditer- →

CLÉ N° 1

À QUOI RESSEMBLERA L'EUROPE À GRANDE VITESSE EN 2020 ?

Sa progression suit en fait celle de ses liaisons transfrontalières. Actuellement, un TGV peut traverser le tunnel sous la Manche et les frontières franco-belge, belgo-néerlandaise, belgo-allemande, franco-allemande (en deux points). En 2010, Barcelone sera reliée à Perpignan. Les années 2020 verront la mise en place d'une liaison franco-italienne (Lyon/Turin), franco-espagnole (Bordeaux/Pays basque), germano-polonaise (Berlin/Varsovie), et hispano-portugaise (Madrid/Lisbonne). Si l'on parle de grande vitesse au-delà de 180 km/h, certains trains roulent déjà à plus de 250 km/h.

SOURCE : UCI, 2007



→ ranée à Barcelone et à l'AVE espagnol, est, elle, plus simple – un unique tunnel de 8 km – et devrait être terminée en 2009. Oui, mais le tronçon jusqu'à Barcelone attendra 2012, car le tracé de la traversée des villes de Gérone et de Barcelone n'est pas encore arrêté…

Et ce n'est pas tout. Sur un réseau classique, on change de conducteur et de locomotive arrivé à la frontière. Or, à grande vitesse, cette méthode est non seulement inefficace – un TGV freine sur plusieurs kilomètres et perd beaucoup de temps –, mais aussi impossible : *"Au-delà de 200 km/h,* explique Ignacio Barrón de Angoiti, chargé de mission grande vitesse à l'Union internationale des chemins de fer, *un train avec locomotive et wagons séparés n'est plus envisageable ; il faut, comme pour le TGV français, intégrer le tout dans une rame".* Sans parler du problème de la formation des conducteurs, la grande vitesse impose donc toute une série d'adaptations, pour s'assurer que la voie de chaque pays puisse accueillir le train de l'autre. Et c'est là que les choses se corsent.

LE DÉFI DE LA SIGNALISATION

"Le plus gros chantier, c'est la signalisation", explique Christophe Cicard, adjoint du chargé des équipements ferroviaires sur la ligne TGV Est. L'Union européenne compte 23 systèmes de signalisation différents, presque tous incompatibles ! Résultat : le Thalys, par exemple, doit embarquer sept systèmes de signalisations différents, d'où un surcoût et un risque de panne accru. Toutefois, en 1989, la Communauté européenne a lancé une réflexion en vue d'adopter un standard : le système européen de surveillance du trafic ferroviaire (ERTMS) a ainsi été finalisé en 2002 (voir **clé n° 2**). L'ERTMS est désormais obligatoire sur toute nouvelle ligne qui joint au moins deux Etats de l'Union. Il devrait être complètement opérationnel sur le TGV Est d'ici à quelques mois. Trop tard en revanche pour le TGV Méditerranée, mis en service en 2001 : en l'état, ce dernier ne pourra emprunter ni le tronçon Perpignan-Figueras, ni le réseau espagnol. Il faudra soit l'équiper de l'ERTMS, soit exploiter de nouvelles rames.

"Autre exemple concret, reprend Christophe Cicard, *l'ICE, le train à grande vitesse allemand, qui va emprunter la ligne du TGV Est, est doté d'un système de freinage différent des TGV classiques. Il perturbe le système français qui vérifie que les roues du train ne sont pas grippées, et a tendance à aimanter tout ce qui passe à sa portée, dont des capots près des aiguillages."* Ce genre de détails a été pris en compte pour l'Eurostar (voir **clé n° 3**). Reste, enfin, à s'assurer de la rentabilité du réseau. Elle repose essentiellement sur les voyages d'affaires (aux tarifs élevés et trajets fréquents). Le réseau ferré à grande vitesse serait-il directement lié à la bonne santé de l'économie européenne ? Pas si simple. Car, pour les voyageurs d'affaire, le train n'est compétitif que pour des trajets de moins de 3 h. Au-delà, l'avion prend l'avantage (voir **clé n° 4**). D'où la nécessité de recourir aux deniers publics pour construire ce réseau. Autant de limites qui expliquent que l'Europe du rail avance finalement… à petite vitesse. ▮



1 Des eurobalises sont posées sur la voie
Des bornes magnétiques sont disposées le long de la voie à distance régulière. La position de chacune est connue par l'ordinateur de bord des TGV.

2 L'ordinateur de bord compare leurs positions
Le positionnement des eurobalises est comparé aux topos que l'ordinateur a en mémoire. Le train se situe ainsi sur le réseau et estime si son allure est la bonne.

3 Le conducteur reçoit l'information
L'ordinateur lui indique l'écart entre le profil de vitesse réel et le profil de vitesse théorique du train.

Ordinateur de bord

Bornes magnétiques installées tous les 2, 3, ou 5 km, selon la vitesse des rames

Antenne de suivi des bornes

4 La position du train est alors transmise au PC
C'est là qu'est régulé le trafic de l'ensemble des trains. Chaque train est ainsi averti en temps réel des incidents et peut réagir de manière instantanée.

CLÉ N°3 COMMENT LES RAMES ONT-ELLES ÉTÉ ADAPTÉES ?

Les différents TGV (Eurostar, Thalys, TGV Est) et l'ICE allemand ont dû s'adapter aux spécificités nationales.

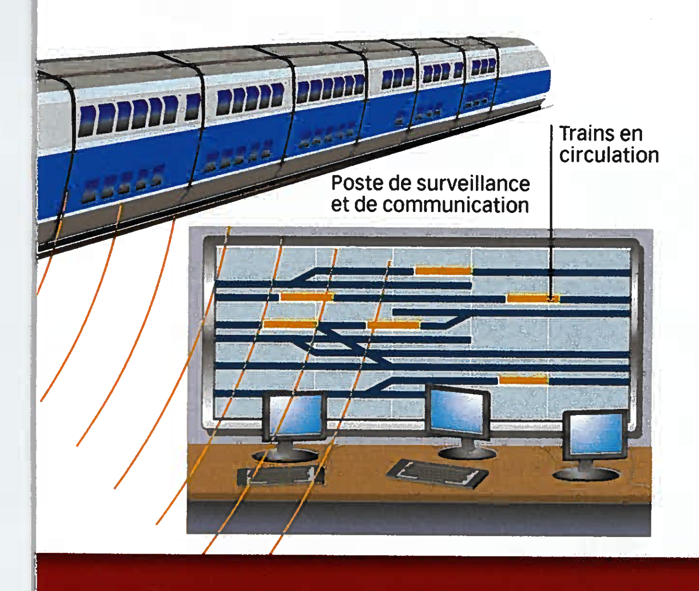
- *Dimensions : l'Eurostar est plus étroit (2,82 m, contre 3,29 pour les autres trains) et moins haut (3,985 m, contre 4,70 pour les autres), car il doit s'adapter aux tunnels, ponts et quais anglais.*
- *Couleur : selon les normes anglaises de sécurité, 40 % de l'Eurostar vu de face doit être jaune, afin d'être davantage visible aux passages à niveau.*
- *Alimentation : toutes les rames doivent pouvoir s'adapter aux cinq types de courants européens, de 750 V à 25 000 V, continus ou alternatifs. En outre, sur une partie du parcours britannique, les trains ne peuvent être alimentés par pantographe (bras articulé qui capte le courant). Les rames Eurostar sont donc équipées de frotteurs, capables de capter le courant par un troisième rail au sol.*
- *Hauteurs de quais : ils mesurent en général de 55 à 76 cm, mais sont de 91,50 cm en Grande-Bretagne, et de 84 cm aux Pays-Bas.*
- *Freinage : l'ICE allemand dispose d'un système de freinage magnétique sans contact, qui perturbe les systèmes de contrôle sur voie du réseau français.*



< Il existe deux types de rames Thalys différentes : les tricourant fonctionnent sur Paris-Bruxelles-Amsterdam, les quadricourant desservent en plus Cologne.



< Pour répondre aux normes anglaises de sécurité, l'Eurostar vu de face est jaune. Adapté aux tunnels du pays, il est également plus étroit et moins haut.



CLÉ N°2 EN QUOI CONSISTE LE SYSTÈME DE SIGNALISATION ERTMS ?

Dans un train à grande vitesse, les instructions d'accélération et de freinage sont indiquées au conducteur directement dans sa cabine, sur des écrans de contrôle. Jusqu'en 2002, chaque pays européen disposait de son propre système de signalisation embarqué. Mais depuis cette date, le système ERTMS (European Rail Traffic Management System), norme unique, est peu à peu installé sur les lignes. *Via* un ordinateur de bord, des balises sur les voies, et un réseau de transmission par radio (GSM), ce système optimise le parcours de chaque train en coordonnant vitesse instantanée, occupation de la voie (trains suivant et précédent, état des aiguillages) et informations émanant des gares. L'ERTMS permet aussi d'augmenter la fréquence des rames, grâce à un meilleur calcul des capacités de freinage, qui permet de freiner sur une distance plus courte. Dans quelques années, les trains détermineront leur position grâce à Galileo, le GPS européen, et plus *via* des balises. D'où davantage de précision et des rames encore plus fréquentes.



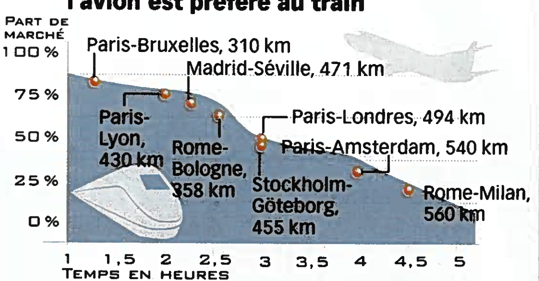
> La tension mécanique du caténaire des TGV Est a été élevée à 2,6 t pour le fil de contact, et 2 t pour le fil porteur, pour s'adapter à sa vitesse potentielle de 350 km/h.

> Chaque motrice et chaque voiture de l'ICE est équipée de deux bogies, "chariots" sur lesquels sont fixés deux essieux ; sur le TGV, deux voitures se partagent un bogie.

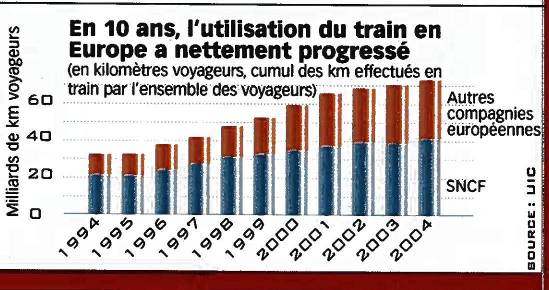
CLÉ N°4 LE RAIL EST-IL COMPÉTITIF ?

La part de marché du train – par rapport à l'avion sur une même liaison – dépasse 80 % si le trajet fait moins de 2 h 30. Ensuite, elle chute car les allers-retours professionnels dans la journée ne sont plus possibles. Jusqu'à 4 h, le train fait encore jeu égal avec l'avion, grâce aux week-ends prolongés. Pour soutenir le trafic, qui a plus que doublé en dix ans, les sociétés ferroviaires doivent donc s'appuyer sur des liaisons courtes rentables.

Au-delà de 4 h de trajet, l'avion est préféré au train

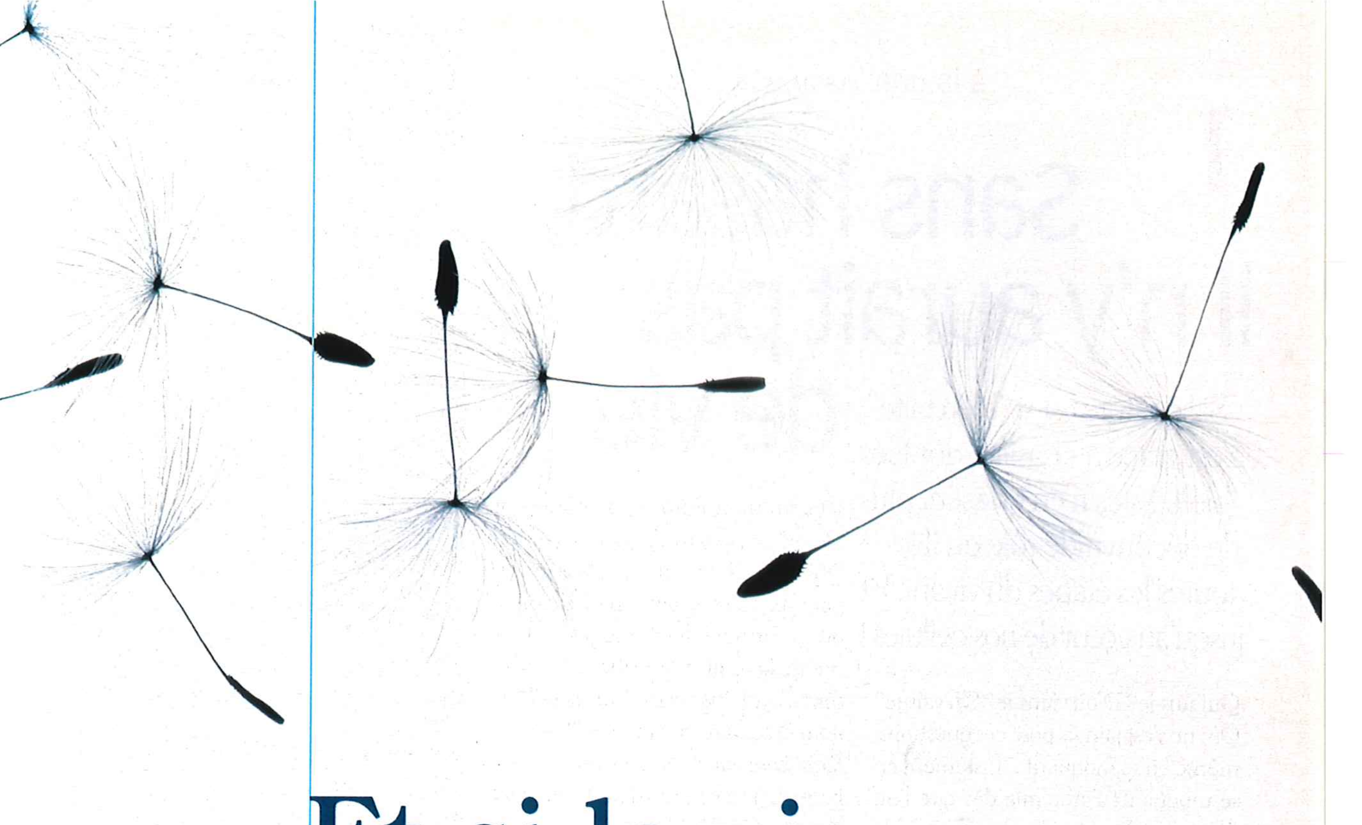


En 10 ans, l'utilisation du train en Europe a nettement progressé
(en kilomètres voyageurs, cumul des km effectués en train par l'ensemble des voyageurs)



M. KONTENTE · SNCF-CAV/J.M. FABBRO · SNCF-CAV/S CAMBON · G ROLLE/REA





Et si la vie devait tout au hasard...

Le hasard fait décidément bien les choses. Car de récentes découvertes l'affirment : depuis la diversité des espèces jusqu'à nos cellules, le hasard joue un rôle clé à toutes les étapes du vivant. Au point que, sans lui, la vie n'existerait pas ! Révélations sur le vrai maître de notre destinée.

Par E. Rauscher, M. Valin, C. Baudouin, F. Lassagne

1 Sans hasard, il n'y aurait pas de vie

Si la nature est si "bien faite", c'est grâce au hasard, dont les biologistes n'en finissent plus de découvrir le rôle qu'il joue à toutes les étapes du vivant. Et jusqu'au cœur de nos cellules !



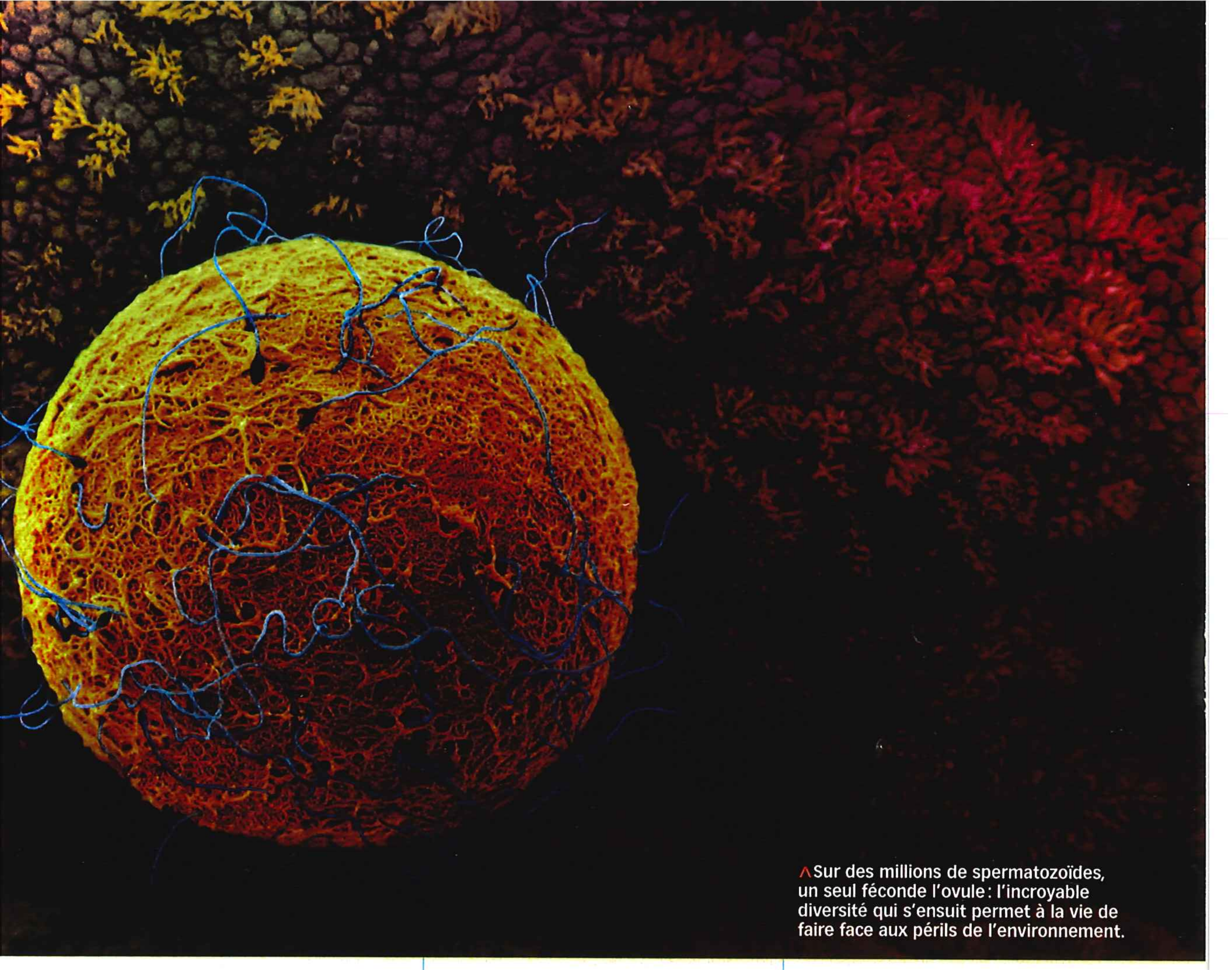
Qui suis-je ? D'où viens-je ? Où vais-je ? Qui ne s'est jamais posé ces questions, même en se moquant... Justement en se moquant ! Parce que dès que l'on s'interroge sur la quête des origines, la conquête de l'identité et la maîtrise de son "destin", les réponses apportées ne sont pas forcément satisfaisantes : tests ADN, généalogie et autres horoscopes ont beau tenter de conjurer l'incertitude, c'est sans la moindre garantie de succès. Et nous le pressentons si bien que nous préférons alors nous moquer de questions qui semblent hors de notre portée. C'est pourtant oublier que la science, parce qu'elle est rationnelle et factuelle, prudente dans ses conclusions, et qu'elle se garde de toute considération métaphysique ou superstitieuse, a bien des choses à nous dire sur ces questions si délicates. Mais elle réserve alors une surprise de taille ! Car lorsqu'elle nous éclaire sur notre nature, voici que revient celui qu'on voulait justement tant voir disparaître : le hasard.

Rien qu'en nous regardant chaque matin dans le miroir, il y a pourtant de quoi douter : notre corps, si fonctionnel et si complexe, pourrait-il être apparu sans un minimum de planification ? De même, la nature qui nous semble tellement "bien faite", le hasard seul peut-il en être responsable ? Eh bien... oui, affirment les biologistes. C'est même la seule explication. "*Si le hasard n'avait 'pas existé', la vie telle que nous la connaissons aujourd'hui n'existerait bonnement pas*, résume sans ambages le professeur Alain Pavé, directeur du CNRS-Guyane. *Il n'y a pas d'autres processus naturels, spontanés, que l'intervention du hasard pour permettre la diversification.*" Ainsi, cet aléatoire qui nous déroute tant a non seulement droit de cité chez les biologistes, mais ces derniers lui reconnaissent tous les mérites ! Plus ils avancent dans leurs recherches, plus ils se rendent compte que le hasard s'avère la meilleure explication de l'extraordinaire diversité du vivant... et cela jusque dans l'intimité même de nos cellules.

Si chacun de nous est un être unique, c'est par le plus fécond des hasards

L'exemple le plus frappant ? La fécondation. Sur des millions de spermatozoïdes, un seul arrive jusqu'à l'ovule et le féconde. Pourquoi lui plutôt qu'un autre ? Question de hasard... Lequel fait plutôt bien les choses : cette rencontre parfaitement aléatoire se traduira, neuf mois plus tard, par la naissance d'un enfant qui aura, mettons, les yeux bleus et les cheveux bruns. Plus tard, une petite sœur aura les yeux clairs et les cheveux blonds, un petit frère les yeux noirs et les cheveux bruns. Pourquoi ces combinaisons et pas d'autres ? Parce que la reproduction sexuée est avant tout chose une affaire de probabilité...

Pas convaincus ? Prenons alors les choses par le commencement. Au départ, la majorité de nos cellules hébergent dans leur noyau 46 chromosomes. Lesquels, porteurs de nos gènes, sont organisés en 23 paires d'"homologues" : 23 viennent de la mère, et 23 du père. Un type de cellules fait toutefois exception : les cellules sexuelles (ou gamètes) ; elles sont organisées en ovules et spermatozoïdes qui, eux, n'ont que 23 chromosomes. Pourquoi ? Parce qu'au contraire de toutes les autres cellules de notre corps, qui se répliquent "à l'identique", nos cellules sexuelles, lors de leur genèse, ne reçoivent qu'une copie du patrimoine génétique – et



^ Sur des millions de spermatozoïdes, un seul féconde l'ovule : l'incroyable diversité qui s'ensuit permet à la vie de faire face aux périls de l'environnement.

GETTY IMAGES

cette copie est unique, car subtilement différente des autres. Comment ? Grâce à un processus appelé "méiose", qui voit une cellule "mère" donner quatre cellules sexuelles "filles", à l'issue de deux divisions cellulaires successives (voir infographie p. 51). La méiose permet ainsi à l'œuf, résultant de la fusion d'un ovule et d'un spermatozoïde, de retrouver le génome complet d'une cellule "normale" à 46 chromosomes.

UNE VÉRITABLE ASSURANCE VIE

Mais c'est surtout une formidable machine aléatoire. Et plutôt deux fois qu'une puisque le hasard y joue un rôle majeur à deux reprises : en prélude à la première division cellulaire, tout d'abord. Les 23 paires de chromosomes homologues se rapprochent et échangent des fragments de leur génome. Ce phénomène, dit de "*crossing-over*", fait qu'un chromosome d'origine maternelle peut se retrouver avec des éléments paternels et *vice versa*, sans règle apparente. Premier brouillage de cartes. Puis, lors des deux divisions cellulaires, les chromosomes se répartissent de façon aléatoire dans le noyau des cellules sexuelles. C'est le second brouillage. Car la probabilité que deux gamètes reçoivent le même assortiment chromosomique est inférieure à 1 sur 8 millions. Ce grand moment de biologie reproductrice culmine avec cet ultime brouillage qu'est la fécondation, quand ovule et spermatozoïde se rencontrent pour former un œuf parfaitement singulier... La probabilité que deux individus nés des mêmes parents soient strictement identiques au niveau génétique n'atteint pas 1 sur 70 000 milliards ! Notre planète portant quelque 6 milliards d'humains, nous sommes décidément bien tous... uniques. Par le plus fécond des hasards.

Ce que nous apporte cette incroyable diversité due au hasard ? Rien moins que la capacité à faire face aux périls de notre environnement. Et cela vaut pour l'ensemble du vivant. Car, outre la méiose (depuis longtemps perçue de façon intuitive et de façon plus formelle depuis les travaux de Mendel sur l'hérédité au XIXe siècle), les biologistes découvrent peu à peu une palette de mécanismes naturels qui produisent au hasard une grande diversité de composants organiques... et s'émerveillent que ces mécanismes protègent les êtres vivants. C'est, par exemple, le cas de notre système immunitaire. Chargé de notre défense, il s'appuie notam- →

LES PROBABILITÉS METTENT DE L'ORDRE DANS L'ALÉATOIRE

La biologie entretient un certain flou sur le hasard. Il est souvent associé à la nature imprévisible d'un événement (la chute d'une météorite, par exemple, qui bouleverse l'organisation des espèces), ou aux conséquences d'un événement aléatoire (les effets sur un organisme des mutations qui affectent ses gènes). Pourtant, dès le XVIIe s., la théorie des probabilités a mis un peu d'ordre dans le hasard : "*Les événements 'déterministes' sont ceux qui apparaissent à chaque fois que certaines conditions sont réunies. Les 'probabilistes' sont ceux qui ne se produisent, dans les mêmes conditions, qu'à une certaine fréquence. Mais il n'y a pas de différence de nature entre les deux*, résume Jean-Jacques Kupiec. *La seule différence est quantitative. Dans le cas déterministe, la probabilité est égale à un, entre zéro et un dans le cas probabiliste.*" Si la physique a su très vite faire sienne cette conception du hasard, "*en biologie, à la même époque, on a érigé le déterminisme comme un dogme absolu*". Une lecture déterministe dont la biologie moderne peine à se séparer, tant elle donne l'illusion de faciliter la compréhension de l'organisation du vivant. Mais "*il ne faut pas croire que parce qu'un phénomène est probabiliste on ne peut pas le prédire. Les probabilités donnent une maîtrise rationnelle de ces événements couverts par le mot de 'hasard' et on peut calculer des prédictions relativement exactes sur des phénomènes aléatoires.*"



→ ment sur la production de petites molécules – les anticorps –, capables de reconnaître spécifiquement les agents infectieux. Or, il y a un nombre pharamineux de ces "microbes" ! Comment les contrer tous ? Comment savoir par avance à quelle menace faire face ? Impossible, évidemment. Ce qui n'empêche pas nos défenses d'être redoutables. Et cela grâce à une bonne dose d'aléatoire, *via* une machinerie enzymatique de remaniement et de réplication de l'ADN peu précise. De fait, se déroulant au sein de cellules spécialisées (les lymphocytes), cette machinerie traduit de façon parfaitement irrégulière certaines séquences des gènes codant nos anticorps. A tel point que ces séquences accusent des taux de mutation pharamineux : plus d'un million de fois supérieur à la moyenne des gènes dans la même cellule ! Du coup, pas besoin d'avoir déjà été exposé à un microbe pour disposer de moyen de lutte contre lui : les anticorps disponibles formés au hasard des réarrangements moléculaires sont si variés qu'il s'en trouve toujours un pour détecter spécifiquement un nouvel agresseur.

Bref, le hasard, parce qu'il est un moteur de diversité, est une assurance vie. Et son rôle est si important qu'au fil de la très longue histoire des espèces, ce sont les systèmes biologiques les plus aptes à "fabriquer" du hasard qui ont perduré. "*Darwin, en élaborant la théorie de l'évolution, avait bien pensé à un premier niveau de sélection naturelle : sont avantagés les organismes porteurs de certaines mutations génétiques*, explique François Taddei, du laboratoire TaMaRa (Paris). *Les progrès de la biologie moléculaire nous permettent désormais de dire qu'il y a également un deuxième niveau de sélection : celui qui affecte le système même ayant généré une mutation pouvant être bénéfique*". Une analyse partagée par le professeur Miroslav Radman, également du laboratoire TaMaRa : "*Les systèmes biologiques qui ont généré de la variabilité ont été conservés et perfectionné. Rappelons-le, l'homogénéité dans le vivant peut représenter un énorme danger d'extinction car ce qui tue un individu peut tuer toute la population*". La méiose et notre système immunitaire sont ainsi passés à travers les mailles de la sélection naturelle.

Ce sont les systèmes les plus aptes à "fabriquer" du hasard qui ont perduré

Mais tout ce qui produit du hasard n'est pas nécessairement bénéfique ! Miser sur l'aléatoire pour parer à l'imprévisible n'est pas sans risque. De fait, les mutations affectant nos gènes sont des armes à double tranchant. Quand elles se font dans un cadre strictement limité, comme lors de la production de nos anticorps, le risque est canalisé... Mais le propre du hasard est tout de même d'advenir n'importe où, n'importe quand, et de produire n'importe quoi. Notre génome comporte un peu plus de 3 milliards de paires de briques



< V Comme le lieu où atterriront ces grains de pollen, nos caractères physiques (couleur des yeux, des cheveux...) sont le fruit du hasard, qui invente les combinaisons de nos gènes.

constitutives, appelées "nucléotides". Or, on sait que lorsque notre ADN est répliqué au cours de la division cellulaire, une erreur survient environ tous les milliards de nucléotides ! Avec quelles conséquences ? Qui sait...

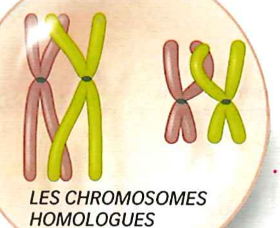
MÊME AU NIVEAU DU GÉNOME

Survenant dans un gène régulant la multiplication cellulaire, la mutation peut provoquer un cancer ; dans un gène impliqué dans le développement d'organes vitaux (cœur, reins, foie...), ce sera, par contrecoup, la mort à plus ou moins brève échéance; mais parfois, elle peut aussi bien conférer une résistance à un antibiotique, à une maladie, voire ne pas avoir d'effet du tout... Chez les bactéries, qui évoluent plus vite que les organismes complexes, les plus fréquentes sont ainsi ces mutations dites "neutres", c'est-à-dire sans effet notoire (avec une probabilité d'une sur 1 000 par divisions, en moyenne, comme l'ont observé les biologistes comparant les génomes de plusieurs générations de bactéries) ; viennent ensuite les néfastes (une sur 10 000) ; puis les mortelles (une sur 100 000); et, enfin, les bénéfiques (une sur 10 000 000). Les génomes, le nôtre y compris, sont ainsi de fantastiques puzzles où, par le jeu des mutations, des pièces plus ou moins grandes (nucléotide, petit bout de gène ou large fragment de chromosome) ont disparu, où d'autres ont été dupliquées, déplacées ou rassemblées (voir infographie p. 52). Les tirages perdants ont été éliminés assez tôt, sous la pression de la sélection naturelle : inadaptation à un nouvel environnement, compétition avec d'autres organismes plus performants, etc. "*Le hasard fabrique des changements, la sélection naturelle les trie*, résume le professeur Pierre-Henri Gouyon, du Muséum national d'histoire naturelle, *car ces nouvelles formes apparaissent aléatoirement, qu'elles puissent être utiles ou pas du tout*". →

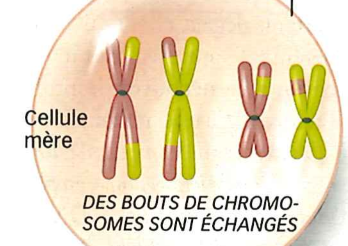
A. COOPER/CORBIS - MUGER/TENDANCE FLOUE

Fécondation : le hasard y joue triplement un rôle

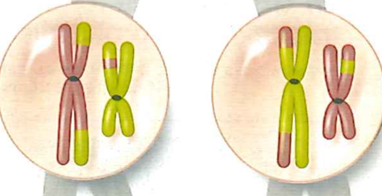
Etape clé de la reproduction sexuée, la méiose donne naissance aux cellules sexuelles (gamètes). Elle effectue également une répartition aléatoire des gènes. Le hasard intervient au cours de trois étapes...



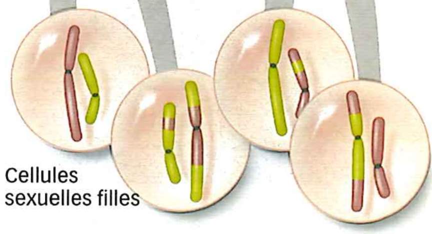
1 Après duplication, les chromosomes homologues s'échangent au hasard des morceaux entiers de génome (c'est le "*crossing over*").



2 Lors de la première division des cellules, les chromosomes homologues sont distribués dans l'une ou l'autre cellule, au hasard.



3 Et lorsque les deux cellules se divisent encore, les chromosomes sont à nouveau répartis... aléatoirement.



ADN : quand le hasard joue les secouristes

Lorsque leur génome est détérioré, les bactéries mettent en route le système de "polymérase SOS" : une protéine bouche les trous de l'ADN "grossièrement" et au hasard, sans se préoccuper du message. Ainsi, l'ADN continue à être opérationnel, en dépit de mutations qui peuvent apparaître dans les gènes.

1 L'ADN est dégradé

2 La protéine RecA recouvre l'ADN abîmé

3 La polymérase SOS "répare" le brin d'ADN

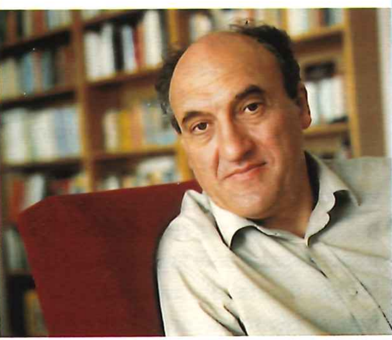
→ Dans cette grande loterie, les bactéries jouent un jeu particulièrement dangereux. En cas de stress (agression chimique, rayonnements ionisants...) ou lorsque leur génome subit d'importants dégâts, elles se livrent "délibérément" aux aléas des mutations, comme l'a découvert le professeur Radman il y a une trentaine d'années : "*On s'est rendu compte que, lors de la réplication de leur génome, en plus de la molécule qui recopie l'ADN de manière très fidèle, appelée 'polymérase' principale, et de deux ou trois autres chargées de réparer d'éventuelles lésions, il existait toute une panoplie de polymérases capables de rajouter, même de façon infidèle, les fragments d'ADN manquant dans des parties abîmées. Ces polymérases, dites 'approximatives', sont ainsi capables de copier un fragment d'ADN illisible pour les autres polymérases, qui, elles, ne pouvant copier le fragment, bloquaient la réplication. Ce système bactérien, appelé SOS, déclenche lui-même la synthèse de ces polymérases peu fidèles, et permet de sortir du blocage de la réplication causé par les lésions... au prix de mutations du génome*". Et cela à un taux mille fois plus élevé que la normale. Autrement dit, plutôt que de mourir, la bactérie, *via* le système SOS, "tente" le tout pour le tout pour préserver l'intégrité de son ADN, au détriment de l'exactitude de l'information qu'il contient : la tactique de la dernière chance...

Etonnante, cette découverte a ouvert la voie à des études toujours d'actualité sur ces surprenantes polymérases, et éclaire d'un jour nouveau la machinerie de réplication classique de notre ADN, que l'on croyait si fiable. Car il s'avère que même si nos gènes d'*Homo sapiens* ne sont pas soumis à des remaniements aussi drastiques que ceux des bactéries, leur vie n'a rien d'un long fleuve tranquille... y compris quand la relative quiétude du monde extérieur ne semble pas nécessiter l'intervention de nos dispositifs internes générateurs de hasard. De fait, paradoxalement, "*même quand on maintient l'assortiment des gènes et l'environnement constants, on observe que l'expression des gènes reste variable. C'est une autre découverte récente...*" constate François Taddei. Pour Jean-Jacques Kupiec,

"L'expression des gènes, c'est-à-dire leur traduction en protéines, est fondamentalement probabiliste"

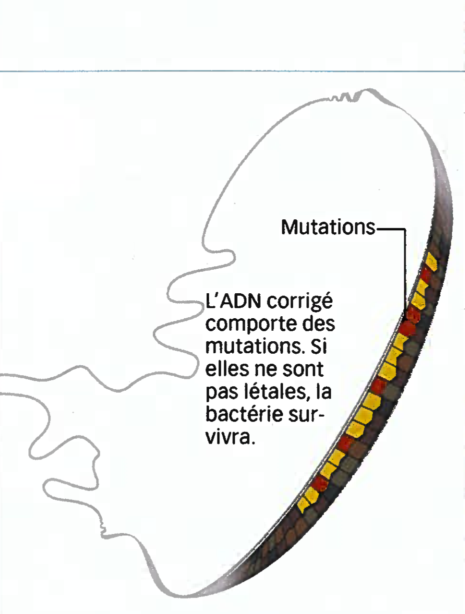
JEAN-JACQUES KUPIEC, CHERCHEUR AU CENTRE CAVAILLÈS (ENS, PARIS)



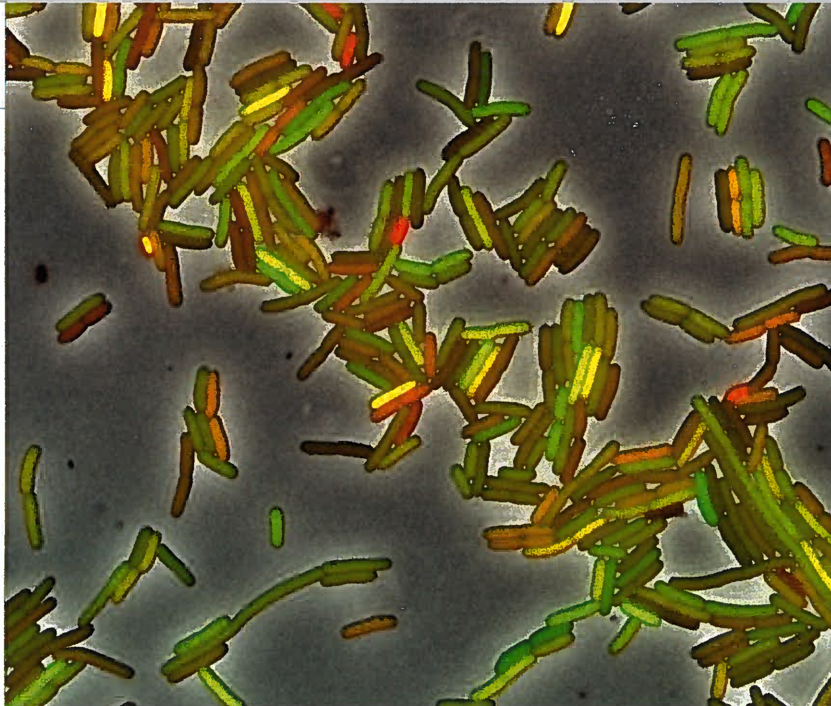


"L'homogénéité dans le vivant peut être un danger : ce qui tue un individu peut tuer une population"

PR MIROSLAV RADMAN, SPÉCIALISTE DE LA MUTAGENÈSE, HÔPITAL NECKER, PARIS



4 Le brin d'ADN est réparé, mais avec des erreurs



L. VILLERET/DOLCE VITA - F. JOUVAL - N. ELOWITZ

chercheur au centre Cavaillès (ENS, Paris), c'est même plus que cela, c'est une "*révolution énorme*" : "*Les mutations surviennent au hasard, c'est une affaire entendue pour l'immense majorité des biologistes. Mais aujourd'hui, les données qui s'accumulent démontrent que c'est au niveau moléculaire, dans le fonctionnement même des gènes, qu'il y a une composante probabiliste : l'expression des gènes, c'est-à-dire leur traduction en protéines, est elle-même un phénomène fondamentalement probabiliste. Les premières données datent de 1989, et il se publie désormais un article quasiment tous les mois à ce sujet*".

En clair : sans règle absolue, certains de nos gènes – porteurs ou non de mutations apparues au hasard – sont activés, et d'autres pas. Et si l'on peut estimer leur probabilité d'activation, dire quand et quels gènes vont s'activer est impossible. Application possible de cette dernière découverte : mieux comprendre la différenciation des tissus lors du développement de l'embryon. Car la construction de notre corps, issu, au départ, de deux cellules confectionnées au hasard et se rencontrant par chance, dépend notamment de la façon dont nos gènes sont exprimés au stade embryonnaire. Le hasard est décidément un compagnon intime. Quant à savoir s'il est le meilleur... Car depuis son apparition, la vie subit les assauts de l'environnement : des radiations mutagènes à la météorite ravageant la planète en des temps géologiques... Face à ces défis imprévisibles, elle a répondu par le hasard. Mais était-ce la seule réponse possible ?

REDÉROULER LE FILM DE LA VIE

Même si "*aujourd'hui, la très grande majorité des phénomènes évolutifs ont pu être expliqués* a posteriori *par la théorie de l'évolution*", rappelle Alain Pavé, il est impossible de dire que ce que nous connaissons était "*inéluctable : on n'a malheureusement qu'une seule expérience évolutive – la nôtre –, alors qu'en science, on se base normalement sur des répétitions. Là, ce n'est pas évident : ça se passe tout de même sur 4 milliards d'années ! Il faudrait un peu de temps pour tout rejouer...*" Stephen Jay Gould, le célèbre paléontologue, avait imaginé une belle expérience sur le "film de la vie" pour évaluer le poids de ces événements indépendants de nous et par nature aussi imprévisibles qu'inévitables : "*Vous appuyez sur le bouton rembobinage, vous vous assurez que tout a bien été effacé et vous prenez comme point de départ un moment et un endroit quelconque du passé – disons les océans à l'époque du Schiste de Burgess. Et puis, vous laissez redérouler le film* [...]" Irréalisable ? Oui, évidemment, dans l'absolu. Quoique... Depuis quelques années, des simulations informatiques faisant évoluer au hasard des organismes virtuels très rudimentaires – des programmes mimant des bactéries, des fourmis... – commencent à donner des résultats tout à fait probants (voir article suivant). Certes, ce n'est pas, et ce ne sera jamais le film exact de notre évolution. Mais, déjà, sur les écrans de leurs ordinateurs, des biologistes et des informaticiens confirment ce que tous leurs travaux ne cessent de mettre *a posteriori* en lumière. A savoir que le scénario du vivant a été confié au hasard. C'est bien lui le maître du jeu. Le maître de notre origine, de notre identité et de notre destinée. **E.R.**

Maître de notre destin, de notre origine et de notre identité, tel serait le hasard

2

Les succès du hasard pris sur le vif

Voir le hasard à l'œuvre lorsqu'il invente du vivant : voici ce que permettent depuis peu des programmes informatiques parés pour l'aléatoire. Un exploit qui livre de nouvelles données sur la vie.

Becs, ailes, écailles, carapaces, mains, yeux à facettes… Les inventions de la nature composent une symphonie dont les biologistes ont cherché la partition… pour découvrir que la diversité exubérante du vivant était le fruit d'un improvisateur génial : le hasard (voir p. 48). Un improvisateur dont certaines des compositions ont disparu à jamais – les êtres vivants mal adaptés à leur milieu finissent par ne pas laisser de descendance – tandis que d'autres ont eu du succès – les espèces disposant d'attributs leur permettant de régner sur leur milieu se perpétuent.

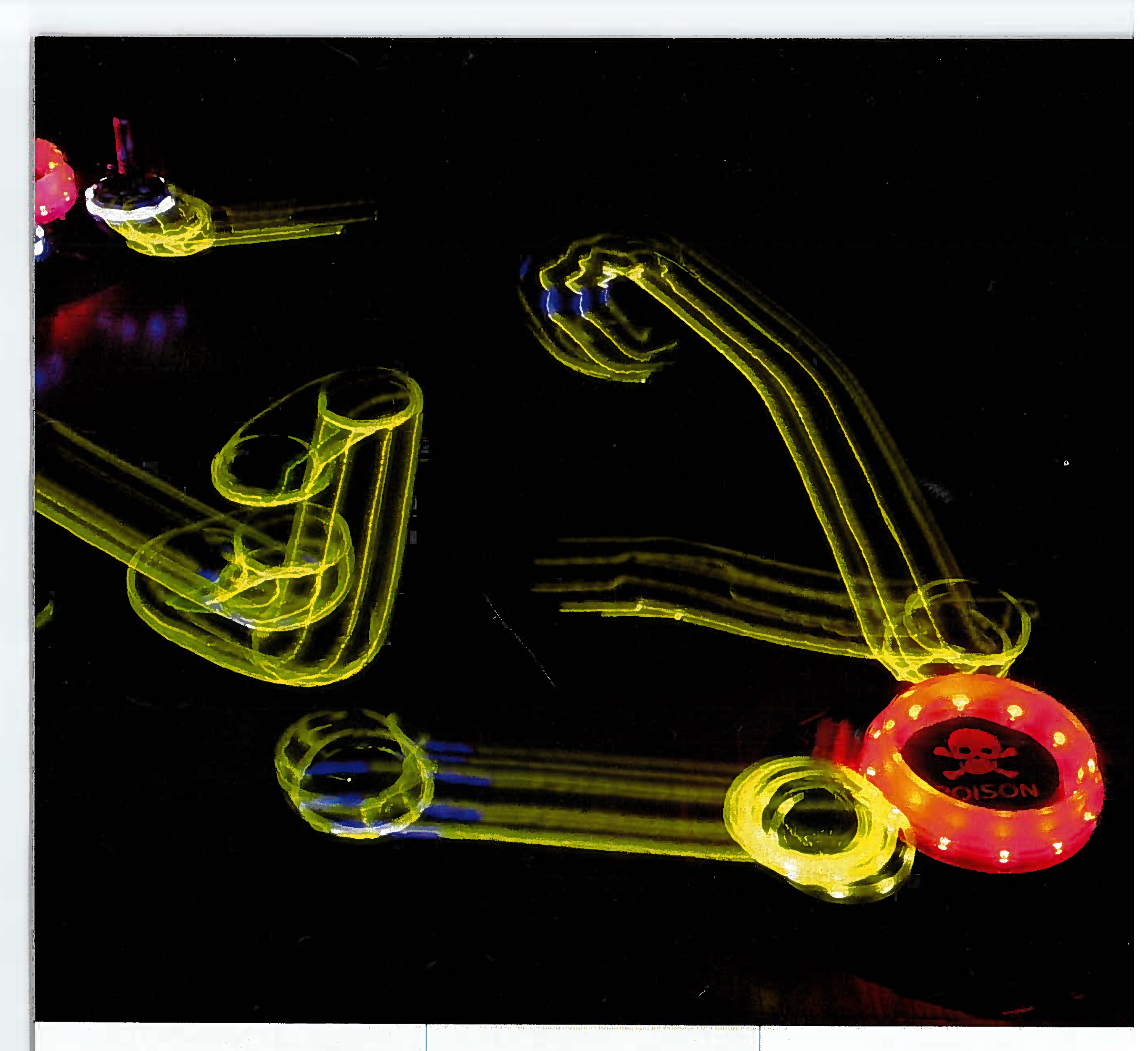
Troublante et frustrante découverte : comment faire la part des "bonnes" et des "mauvaises" improvisations d'un récital commencé il y a plus de trois milliards d'années ? Pour le savoir, les biologistes n'avaient, jusqu'à très récemment, d'autre choix que de traquer l'inventivité du hasard *a posteriori*, c'est-à-dire une fois l'œuvre accomplie : à partir de l'analyse de roches hébergeant des fossiles, de protéines produites par des bactéries, de la forme d'un squelette... Ils tâchaient de reconstituer à rebours les différentes étapes du vivant en remontant patiemment le fil du temps. Mais des pièces manquaient au puzzle… Les biologistes rêvaient alors de pouvoir raconter la même histoire, en commençant cette fois par le début. De suivre la carrière évolutive d'un être vivant depuis son apparition sur Terre, d'assister en direct à ses mutations, ses impasses… Bref, d'avoir enfin sous les yeux le hasard à l'œuvre.

Avec l'informatique, c'est l'évolution du vivant qui se dévoile enfin en direct !

Un rêve ? Plus maintenant ! Car désormais, les biologistes ont les moyens de recréer *a priori* les instants où le hasard invente des compositions qui prennent place dans la symphonie du vivant. Comment ? En s'associant à des informaticiens s'improvisant compositeurs de l'aléatoire, à l'aide de programmes informatiques très particuliers, capables de produire des résultats parfaitement… imprévisibles ! Le principe de ces programmes est simple : ils associent un environnement virtuel à des êtres virtuels, dotés de gènes et de fonctions physiologiques analogues à ceux observés chez certains organismes simples : se déplacer, se nourrir, envoyer un signal aux autres, se reproduire. A partir de ces conditions basiques, ces êtres virtuels vivent et meurent, sur des milliers de générations, et leur vie est soumise à l'arbitrage du hasard : dans les simulations, l'abondance de nourriture et le patrimoine génétique de chaque génération d'individus virtuels sont laissés au soin du hasard, grâce à de complexes algorithmes qui leur attribuent des valeurs de manière parfaitement aléatoire. Aucun risque, dès lors, que le résultat de la simulation ne soit que le résultat des paramètres qu'on y entre : le hasard joue bien son rôle de moteur. "*Il suffit d'imaginer l'ADN comme une suite de bits, des 0 et des 1*, explique Carole Knibbe, membre d'un projet de simulation sur la structuration des génomes, à l'Institut national des sciences appliqués (Insa) de Lyon (voir info-



Actuellement en cours, une expérience montre que des robots évoluant aléatoirement se sont mis à communiquer entre eux.



EPFL

graphie p. 56). *Chaque individu possède sa propre séquence de bits. Et quand on veut le faire se reproduire, on duplique cette séquence, en introduisant aléatoirement des modifications. Au lieu de 011, on obtient par exemple 010, ce qui simule ainsi les mutations qui se produisent chez le vivant."*

MILLE POPULATIONS VIRTUELLES

A l'issue des simulations, tout reste enregistré sur le disque dur de l'ordinateur, ce qui permet de comparer des scénarios, d'effectuer des "arrêts sur image" au cours de l'évolution. Ce que constatent les chercheurs, lorsqu'ils se penchent sur les données enregistrées pour chaque individu à l'issue d'un enchaînement effréné de générations ? Souvent… rien. Que les populations aient prospéré ou se soient éteintes, les enregistrements ne permettent pas d'établir une relation mathématique – une corrélation – entre les valeurs des paramètres du modèle (taux de mutation, taille de la population) et les caractéristiques des organismes apparus au cours de l'évolution (état du génome, efficacité d'une fonction physiologique, etc.). Oui, mais il arrive que les chercheurs détectent de telles corrélations. Par exemple, l'efficacité particulière d'un groupe d'individus à se nourrir dans une situation donnée peut s'avérer dépendre de l'apparition d'une mutation particulière de leurs gènes, à partir d'un certain nombre de générations. Pour les chercheurs, de telles trouvailles sont des instants magiques : car c'est le hasard des mutations qui fait apparaître ces corrélations, totalement imprévisibles !

Or, rappelons-le, biologistes et informaticiens n'ont aucune idée *a priori* de ce que vont produire leurs modèles aléatoires… Ce qui, avant de vérifier si ces observations ont leur équivalent dans le monde naturel, les pousse dans un premier temps à voir si, en modifiant par exemple les conditions initiales de l'environnement (plus →

→ ou moins de nourriture disponible) ou le taux de mutation des gènes, la même relation apparaît. Ils lancent pour cela en parallèle les exécutions de plusieurs programmes d'évolution artificielle. Ainsi, c'est dix, cent, voire mille populations distinctes qui vont se mettre à vivre artificiellement sous leurs yeux, avec des paramètres différents pour chaque simulation. Cette efficacité particulière d'un groupe d'individus à se nourrir va-t-elle continuer à se manifester si leurs gènes subissent un taux de mutation plus fort ? La mutation ayant conduit à l'apparition d'une nouvelle fonction physiologique va-t-elle se diffuser largement dans certaines simulations, ou bien disparaître et faire mourir les individus dans d'autres simulations ? Autant de questions cruciales qui laissaient jusqu'ici les biologistes sans certitude, mais que l'informatique leur permet désormais d'appréhender efficacement, sans se soucier du temps qui passe.

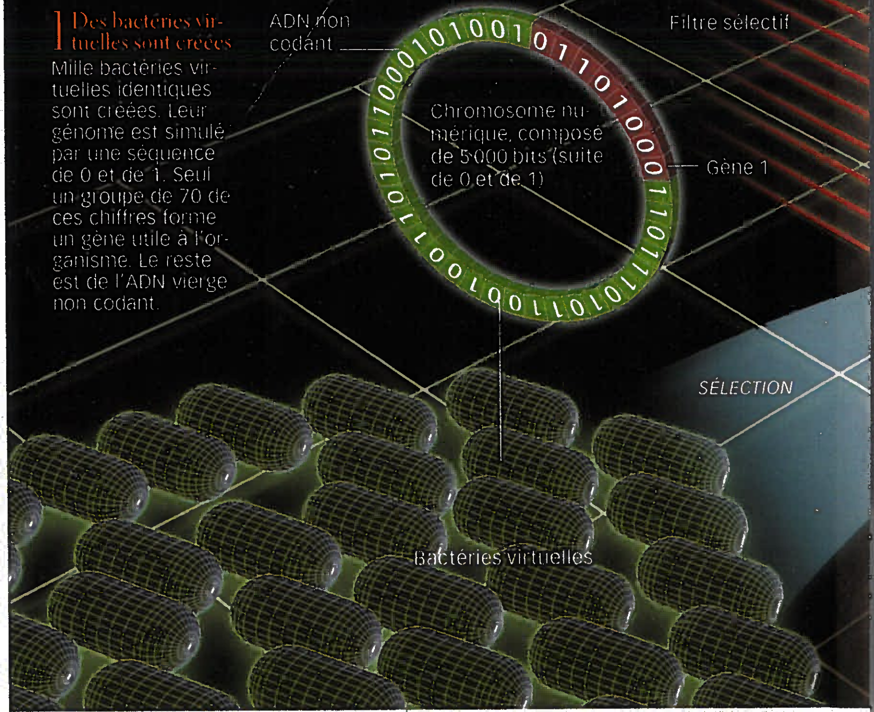
LE TEMPS N'EST PLUS UNE LIMITE

Pour Guillaume Beslon, responsable du projet de l'Insa et membre de l'Institut rhône-alpin des systèmes complexes, c'est un atout incroyable : *"Avec les simulations, nous pouvons décortiquer finement tous les événements qui se produisent au cours de l'évolution pour repérer, par exemple, à quel moment et dans quel contexte une fonction biologique a été acquise ou perdue par un individu. La simulation permet ainsi de chercher des invariants et de les expliquer"*. Un enthousiasme que partage Laurent Duret, chercheur en biologie moléculaire à l'université Lyon I : *"Cela permet de faire des expériences sur des millions de générations, ce que l'on ne peut évidemment pas faire en labo puisque même la bactérie, qui est un organisme qui se reproduit très vite, a besoin de vingt minutes pour donner naissance à une nouvelle génération. On peut explorer des phénomènes d'évolution sur une échelle de temps phénoménale. Ces travaux vont faire apparaître des nouvelles sources d'explications et des propriétés auxquelles nous n'avions jamais pensé jusqu'ici, et nous allons progresser dans la compréhension du vivant et du hasard."*

Reste la difficulté majeure : s'assurer que les modèles utilisés, aussi imprévisibles qu'ils soient – ce qui est le propre de la vie – ressemblent véritablement à leurs analogues biologiques réels. Pour ce faire, les biologistes tiennent compte de certaines règles observées dans la nature. Exemple : un individu X dont les dispositions physiologiques virtuelles le rendent plus efficace qu'un individu Y pour tirer profit de son environnement virtuel est programmé pour avoir en moyenne plus de descendants que l'individu Y.

Quand le hasard organise la

En 2006, une équipe de l'Insa de Lyon met au point un programme pour évaluer l'influence du hasard sur le génome des organismes. Le principe : 1 000 bactéries virtuelles sont dotées d'un génome, constitué d'une séquence aléatoire de 5 000 bases, formant un seul gène, le reste formant le "non codant". D'une génération à l'autre, le génome de chaque bactérie est susceptible de subir des mutations. Le taux de mutation est fixe, mais les mutations interviennent au hasard (si le taux est de 1/10 000, il y a une chance sur 10 000 que le génome gagne une nouvelle base, qu'une base existante change de valeur, ou qu'elle disparaisse). L'expérience est menée sur plusieurs colonies de bactéries, avec des taux de mutation différents. Résultat ? Après 20 000 générations, la structure des génomes, qui a évolué au hasard, présente une organisation singulière. Quand le taux de mutation est élevé, la taille du génome diminue, part "non codante" comprise.



structure du génome

A l'inverse, quand le taux de mutation est faible, la taille du bagage génétique augmente. Dans ces deux situations, le génome des bactéries réagit de manière construite et identifiable, alors que le seul moteur de ces changements est le hasard. Un résultat surprenant : cette hypothèse n'avait jamais été énoncée pour la quantité de génome non codant !



SÉLECTION

MULTIPLICATION

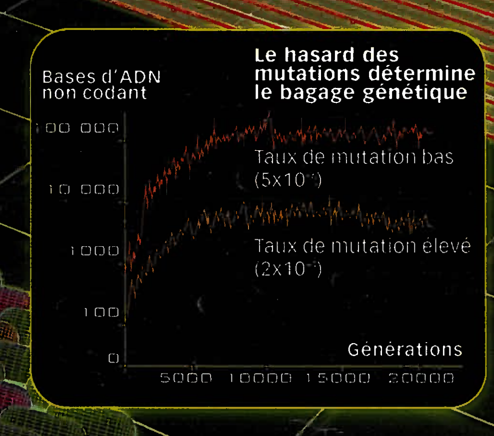
LA POPULATION DE BACTÉRIES VIRTUELLES ÉVOLUE

BACTÉRIE INADAPTÉE : elle aura 0 descendant.

BACTÉRIE TRÈS BIEN ADAPTÉE : elle aura 8 descendants.

BACTÉRIE ADAPTÉE : elle aura 4 descendants.

MULTIPLICATION



2 Elles subissent l'influence de l'environnement

Les bactéries sont évaluées pour leur capacité à tirer partie de leur environnement. Plus elles ont de gènes efficaces, plus leur capacité à se reproduire est grande. Les plus fortes donneront 8 descendants, les plus faibles 0 descendant.

3 Elles se multiplient et mutent

Les bactéries meurent en laissant la place à leurs descendantes. Pendant cette reproduction, le génome mute selon un taux fixé par les informaticiens. Au fil des mutations, des gènes apparaissent ou disparaissent et le chromosome change de taille.

4 Ce que le hasard produit au final...

On observe qu'au bout de 20 000 générations, les bactéries ayant subi le plus faible taux de mutation présentent le plus grand nombre de gènes, mais aussi la plus grosse quantité d'ADN non codant (voir ci-dessus).

B.BOURGEOIS

Cette règle de la nature étant fixée, c'est ensuite le hasard qui décide : à chaque génération, les gènes virtuels des descendants de tous les individus subiront indifféremment la même quantité de mutations aléatoires. Résultat ? Après des dizaines de générations, les descendants virtuels ont effectivement évolué par rapport à leurs ancêtres, sous l'influence du hasard, de manière assez réaliste pour que les biologistes en tirent des enseignements pertinents dans le monde réel.

Car ça marche ! A l'Insa, les chercheurs de l'équipe de Guillaume Beslon ont constaté que la taille des génomes de groupes d'individus virtuels ayant évolué indépendamment les uns des autres, de manière aléatoire, avait changé de manière semblable. Une surprise de taille pour cette équipe, qui a comparé les génomes virtuels obtenus par évolution artificielle avec les génomes de vraies bactéries, les organismes réels les plus proches de leurs modèles... et découvert qu'ils avaient des structures similaires. Du jamais vu en biologie "classique" ! Ce n'est pas tout. De l'autre côté de l'Atlantique, une équipe du Caltech (en Californie), dirigée par Christopher Adami, a mis en compétition des individus virtuels, vivant dans un environnement →

→ stable. Et a montré un résultat étonnant: si un individu est mal adapté à un environnement mais qu'il est peu pénalisé quand des mutations génomiques s'attaquent à lui (parce qu'il a par exemple des gènes en double exemplaire), alors il va se montrer plus résistant qu'un autre bien adapté à l'environnement, mais très sensible aux mutations. Un vrai pied de nez à ce qui était posé jusqu'ici comme un dogme chez le vivant: à savoir que les individus les mieux adaptés sont en général les plus aptes à survivre...

UNE VRAIE LEÇON D'HUMILITÉ

Une équipe, pilotée par Dario Floreano à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse), a, quant à elle, travaillé avec des robots virtuels, et mis en évidence qu'ils étaient capables de faire émerger une vraie forme de communication, à l'issue d'un certain nombre de générations ayant évolué... au hasard (voir ci-contre). Devant des résultats aussi bouleversants, impossible de ne pas se poser la question: comment garantir qu'une dose de hasard introduite dans un modèle simpliste sur quelques centaines de milliers de générations rende compte de l'œuvre minutieuse et permanente du hasard qui influence le moindre des mécanismes intimes du vivant, des protéines aux organismes complets? Prudents et lucides, les chercheurs répondent que leurs modèles ne prétendent en rien mimer le réel trait pour trait. Comme le rappelle Carole Knibbe: "*Quand une similitude apparaît, on n'est jamais certain que le scénario évolutif simulé aura représenté exactement ce qui a pu se produire réellement. On peut juste dire qu'il nous ouvre de nouvelles voies à explorer*". Des voies qui apportent en tout cas la preuve que le hasard est bel et bien un moteur de création. Une vraie leçon d'humilité pour l'espèce humaine, à qui le hasard a laissé sa chance! **M.V.**

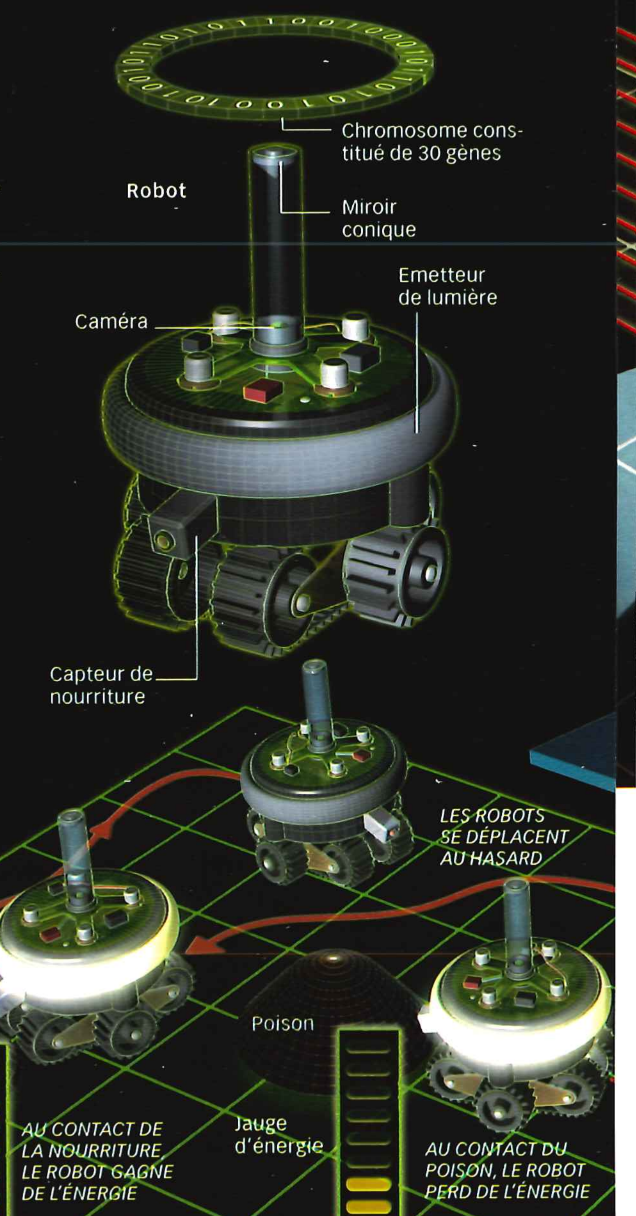
B.BOURGEOIS

Le hasard joue aussi un rôle dans

Début 2007, des chercheurs de l'université et de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse) simulent des colonies de robots virtuels qu'ils laissent évoluer dans un environnement où se trouvent de la nourriture et du poison. Chaque robot a un génome virtuel et un réseau de neurones artificiel, lui permettant de distinguer la nourriture du poison, ainsi qu'un système de signalisation lumineuse. Le but de l'expérience? Observer comment ces machines virtuelles se comportent dans quatre situations différentes: soit les robots de la colonie ont des patrimoines génétiques identiques, soit ils sont tous différents. Soit ils sont sélectionnés en fonction de leur aptitude individuelle à se nourrir, soit en fonction de leur performance de groupe. Ces situations donnent lieu à quatre scénarios d'évolution, con-

1 Des robots sont générés
Sur ordinateur, des petits robots virtuels sont créés. Chaque machine est capable de se déplacer, de reconnaître sa nourriture et de communiquer par des signaux lumineux. Suivant les simulations, ces créatures possèdent toutes un génome de 30 gènes identiques, ou, au contraire, des génomes totalement différents engendrés aléatoirement.

2 Ils sont livrés à eux-mêmes...
Mille de ces robots, répartis par groupes de 10, sont lâchés dans leur environnement: un monde constitué d'un tas de nourriture et d'un tas de poison.



l'émergence de la communication

duits sur des dizaines de génération de robots. Résultat : les robots se mettent tous à communiquer *via* leur système de signalisation lumineuse... mais avec des performances inégales. Les robots apparentés et "altruistes" s'entraident en s'informant sur les endroits où se trouve la nourriture. *A contrario*, les robots non apparentés et "individualistes" se transmettent de fausses informations : ils s'allument quand ils sont loin de la nourriture et trompent leurs acolytes ! Après 500 générations, les chercheurs ont implémenté ces programmes sur six robots réels, et ont vérifié leurs résultats : la structure génétique et le mode de sélection jouent effectivement un rôle déterminant dans l'évolution de la communication. Pour la première fois, des chercheurs ont réussi à simuler et à décrypter le comportement d'espèces comme des insectes sociaux, tout en tenant compte de la part aléatoire de leur évolution.

3... sélectionnés

Les machines sont notées à la fin de leur vie en fonction de la quantité d'énergie accumulée individuellement ou par chaque groupe de 10. Les 200 robots les plus performants sont sélectionnés.

4 ...puis multipliés

Les 200 élus sont reproduits en 5 exemplaires ; leur génome est légèrement modifié, avec un taux de mutation de 1 %. On se retrouve à nouveau avec 1 000 individus, replongés dans leur environnement.

5 Ils évoluent et apprennent à communiquer

Au bout de 500 générations, on observe le comportement des robots. Les machines au génome apparenté et sélectionnées pour leur capacité à se nourrir en groupe développent un mode de communication très efficace, comparable à celui observé chez les fourmis.

Résultat de la sélection	Sélection selon l'énergie accumulée individuellement	Sélection selon l'énergie accumulée par tout le groupe
Génomes différents	Les robots se transmettent de fausses informations. Certains accumulent beaucoup d'énergie, les autres pas	Communication moyennement efficace : peu d'énergie accumulée
Génomes apparentés	Communication moyennement efficace : peu d'énergie accumulée	Les robots coopèrent les uns avec les autres ; l'énergie se répartit équitablement entre eux

3

Pourquoi le hasard est-il si dérangeant ?

Pas si simple de s'en remettre au hasard pour expliquer notre présence ici-bas. Car cette notion heurte l'idée que nous avons de nous. Explications de Boris Cyrulnik.

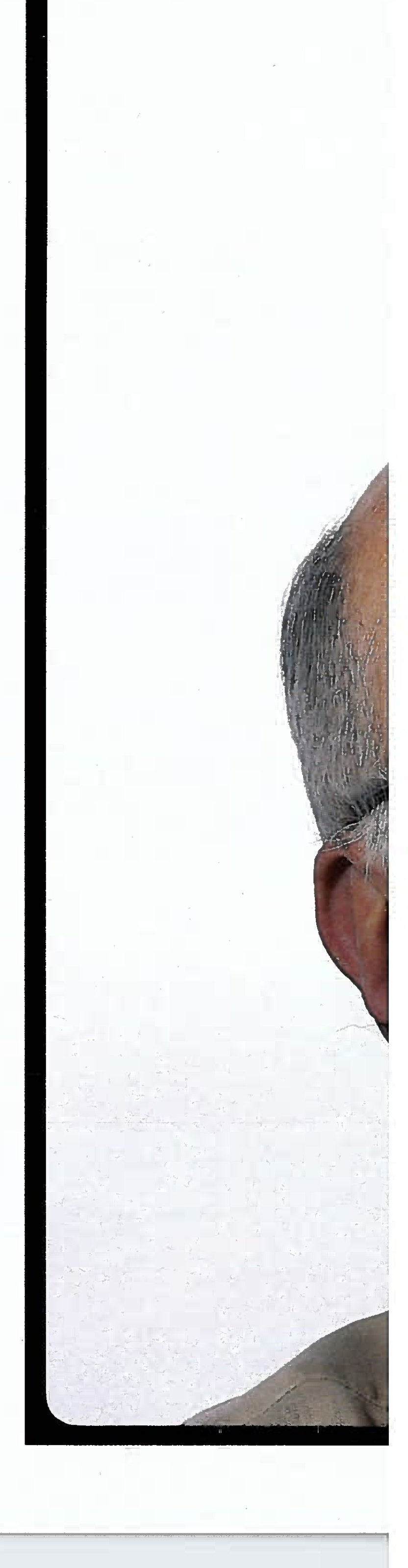
La présence de l'homme au monde doit tout au hasard. L'affirmation fait frissonner tant elle rabaisse l'idée que nous nous faisons de nous-mêmes et de notre destinée sur Terre. Il faut pourtant s'y faire : depuis 150 ans, les preuves scientifiques s'accumulent qui démontrent que le hasard est ce qui gouverne le vivant, et même crée la vie (voir pp. 48 et 54). Ainsi, personne n'a apporté la moindre preuve qu'autre chose que le hasard pouvait expliquer la diversité des œuvres de la nature, leur histoire, leur disparition, leur succès. En ce début de XXI[e] siècle, le constat est donc sans appel, et reste celui que faisait en 1876 dans son autobiographie Charles Darwin, à l'origine du scandale de la théorie de l'évolution : "*Il ne semble pas y avoir davantage d'intentionnalité dans la variabilité des organismes et dans l'action de la sélection naturelle qu'il n'y en a dans la manière selon laquelle les vents soufflent*". Le hasard se niche même au cœur de nos cellules, comme le découvrent les biologistes. La vie doit décidément tout au hasard... Et, en conséquence, seule la mort peut nous en affranchir. Sauf à être immortels. Impossible ? Certes, mais l'idée est riche d'enseignements.

Pour Boris Cyrulnik, si nous étions immortels, nous pourrions être sûrs de finir un jour ou l'autre par retrouver des situations déjà rencontrées. Notre infinie expérience évacuerait l'inconnu, l'aléatoire, de notre monde. Mais nous finissons par mourir et, dès lors, nous n'avons d'autre choix que de faire face au hasard. Or, tout montre qu'il s'agit d'une expérience douloureuse, comme si la valeur de nos existences s'en trouvait altérée. D'ailleurs, les cliniciens le disent : si les plus âgés finissent par se faire à l'idée de ne plus attendre de la vie de surprises, les plus jeunes ont plus de difficultés, le hasard les tenaille, au point que s'observent parfois chez eux des attaques de panique anxieuse.

C'est comme si la valeur de nos vies était altérée par la notion de hasard

D'où cette question : de l'enfance à la mort, sommes-nous tous égaux devant le hasard ? Qu'est-ce qui fait que certains acceptent l'idée du hasard, mais pas d'autres ? D'où vient cette peur que suscite chez ces derniers le message de Darwin ? Ce message peut-il être entendu dans un monde qui accroît sans cesse son contrôle sur la nature ? Réponses de Boris Cyrulnik.

E.FRANCESCHI



BORIS CYRULNIK

“Nous ne sommes pas tous égaux face au hasard”



Science & Vie : Il y a ceux qui disent n'avoir jamais de chance, et ceux qui prétendent au contraire avoir "de la veine". Les premiers jalousant souvent les seconds. Alors, sommes-nous égaux face au hasard ?

Boris Cyrulnik : Je travaille beaucoup avec des personnes qui ont été en détresse, des enfants de la guerre, abandonnés… Quand on parle avec ces adolescents ou jeunes adultes, l'étonnement, pour nous, cliniciens, est de les entendre nous dire : *"Qu'est-ce que j'ai comme chance !"* Pour eux, la chance, c'est d'être encore en vie. Leur sentiment de chance est provoqué par une représentation de leur propre histoire : ils sont en vie, c'est donc qu'ils ont eu de la chance. Au contraire, beaucoup d'enfants protégés ont le sentiment de ne pas avoir de chance : *"Mes parents n'ont pas pu me payer de nouvelles baskets"*. Le sentiment de chance est provoqué par une représentation, bien plus que par les faits se produisant au hasard !

S&V : Comment se construit notre rapport au hasard ? →

BORIS CYRULNIK en quelques mots

Boris Cyrulnik est psychiatre et éthologue, directeur d'enseignement à l'université de Toulon. Il a ouvert la voie en France à l'éthologie humaine. Ses derniers ouvrages, publiés aux éditions Odile Jacob, sont *De chair et d'âme* (2006), *Parler d'amour au bord du gouffre* (2004) et *Le Murmure des fantômes* (2003).



“Depuis toujours, l’homme cherche à se rassurer en contrôlant la nature. Or, le hasard ébranle cette base de sécurité’ souci de maîtrise”

B.C. : Parmi nous, il y a, très schématiquement, ceux qui aiment le hasard, et ceux que le hasard effraie. Ceux qui sont effrayés par le hasard sont souvent ceux qui, dans leur enfance, n’ont pas pu se construire une “base” de sécurité, et cherchent à se la fabriquer. Ils ont besoin de contrôler le plus de choses possibles, car tout les angoisse. C’est ce que nous disent les résultats des expérimentations menées par des centaines de laboratoires dans le cadre de la théorie de l’empreinte. Chez les êtres vivants qui ont besoin d’un congénère pour se développer (les oiseaux, les mammifères, les humains), la présence de cet autre être rassure et s’imprègne dans sa mémoire ; l’être vivant en développement est alors à même de tenter l’aventure de la découverte de l’inconnu, et d’y éprouver du plaisir. Il va aimer prendre des risques, jouer avec des objets, ou avec des idées si c’est un humain. Pourquoi ? Parce que son psychisme préverbal aura été imprégné d’une base de sécurité : il aura acquis une confiance primitive – ce qu’on appelle aujourd’hui un “attachement sécurisant”. A l’inverse, si au cours de son développement très précoce l’être vivant a été privé de cette base de sécurité par un accident de la vie, la guerre, la maltraitance, alors il éprouve, pour les mêmes situations objectives, un sentiment d’alerte, qui suscite une angoisse extrême. Il panique, il somatise : les oiseaux ont des diarrhées émotionnelles, les mammifères ont des dermatites, qu’on voit apparaître en quelques heures. Chez l’homme, cela se traduit souvent par des maladies de peau, faciles à voir.

S&V : Notre rapport au hasard a-t-il évolué, depuis l’apparition des premiers hommes sur Terre ?

B.C. : Les premiers hommes avaient peur de la nature. Ils avaient froid, faim, craignaient d’être dévorés par des animaux… Bref, tout leur faisait peur, parce qu’ils ne contrôlaient rien. Et, donc, leur premier tranquillisant a été… le silex, qui leur a permis de tuer les animaux, de découper leur viande. Il y a 2,5 millions d’années, nous avons commencé à contrôler le monde extérieur. On avait les moyens d’agir sur le réel, et on contrôlait aussi le monde avec des mythes, des explications magiques, qui lui donnaient du sens : si un oiseau vole vers la droite, aucun risque ; si l’oiseau vole dans l’autre sens, méfiance… On contrôlait l’angoisse, sans forcément agir sur le réel. Mais nous créions déjà notre base de sécurité. Puis avec l’agriculture, la domestication des animaux, nous avons accru notre contrôle du réel. La technologie d’aujourd’hui poursuit ce processus. Sur les deux générations qui viennent de passer, nous avons fait 90 % des découvertes scientifiques et techniques depuis l’apparition de l’homme. En 50 ans, il y a eu une explosion de la connaissance fantastique ! Cette évolution correspond à un besoin psychologique des humains de contrôler le monde extérieur pour se sentir mieux. Les outils de la procréation médicalement assistée (PMA), qui permettent de maîtriser jusqu’à la reproduction humaine, s’inscrivent dans ce désir de contrôle. Mais même dans la PMA, il reste une part de hasard : seules 15 % des tentatives fonctionnent ! Et c’est le hasard qui continue d’“inventer” les enfants : blonds, bruns, aux yeux clairs, foncés, grands, petits…

S&V : Les sciences de la vie accordent aujourd’hui au hasard un rôle prépondérant pour expliquer l’organisation du vivant. Comment peut-on expliquer que cette importance du hasard dérange ?

B.C. : En psychosociologie, nous établissons un axe, sur lequel se répartissent graduellement les individus : d’un côté un type de personnes qui ont des “locus de contrôle interne” et de l’autre un type de personnes qui ont des “locus de contrôle externe”. Une manière de dire qu’il y a des gens qui tendent à penser qu’ils sont les auteurs de leur développement, qu’ils peuvent maîtriser leur devenir, et d’autres qui pensent qu’une force extérieure fait que nous ne sommes pas là par hasard, qu’il y a une intention hors de nous, divine de préférence, ou un grand architecte qui nous gouverne. Ceux qui parmi nous ont le plaisir d’explorer le monde, d’inventer des technologies, des idées nouvelles, sont ceux qui se sentent auteurs, acteurs de leur devenir. Les autres sont ceux qui se sentent tranquillisés par une représentation : l’ordre règne, notre voie est tracée, on sait où est le bien, le mal, ce qu’il faut faire et ne pas faire… C’est très sécurisant. Je trouve personnellement que c’est un peu une pensée clanique. Ceux qui se disent acteurs de leur développement considèrent qu’il y a une part de liberté en nous, tandis que les autres prennent plaisir à une forme de soumission… sécurisante. Quand ces deux conceptions contraires de l’existence s’opposent, le conflit se joue sur les sentiments, et ce ne sont pas des arguments rationnels qui peuvent l’apaiser.

S&V : La liberté est-elle angoissante ?

B.C. : L’angoisse de la liberté n’est qu’une tendance psychologique. Ce n’est pas une fatalité. Nos enquêtes sur l’attachement nous montrent qu’autour de deux tiers des individus, toutes cultures confondues, vivent en ayant acquis un “attachement sécurisant”. Ils aiment en général se sentir responsables. C’est souvent angoissant… mais ces personnes apprécient cette angoisse, car elle leur laisse une part de liberté qui leur procure du plaisir. Mais un tiers des

Dans la même logique, il arrive que des dictateurs puissent être élus démocratiquement, quand une société traverse une période d'angoisse. Le fait de donner tous les pouvoirs à quelqu'un qui va décider pour tous est tranquillisant. Mais, là aussi, ce comportement est une tendance à se représenter le monde, ce n'est pas une fatalité. De nombreuses personnes changent de représentation du monde quand un traumatisme les touche, par exemple.

S&V : Pour être un bon scientifique, faut-il être "joueur" et accueillir le hasard comme une opportunité de découvertes ?

B.C. : Oui ! Cela correspond même à la démarche qui définit théoriquement la science. Pour être un bon scientifique, il faut faire des hypothèses. On joue : on fait le pari que le monde fonctionne d'une certaine façon. Et l'on perd, ou l'on gagne. Toute démarche scientifique devrait être un jeu, où l'on érotise l'inconnu – la découverte est excitante –, où l'on accepte le risque de se tromper. Mais, même chez les scientifiques, quand l'effet tranquillisant s'installe, celui qui consiste à instaurer une école de pensée, ou à s'inscrire dans l'une d'elles, alors la science se transforme vite en idéologie. Jusqu'au moment où cette idéologie devient délirante, soit coupée du réel sensible, et où elle s'effondre. De fait, l'histoire des idées scientifiques est un cimetière de théories ! **F.L.**

adultes et des enfants ont, eux, acquis un attachement "insécurisant". Ceux-là, pour arriver à se sentir en sécurité, ont besoin de conditions qui peuvent ressembler à la prison ! Un exemple célèbre : Nietzsche, à la fin de sa vie, a demandé à faire retirer tous les meubles et objets de la chambre qu'il occupait dans une clinique. Quand sa chambre a ressemblé à une cellule, il s'est exclamé : "Enfin libre !" Il s'était débrouillé pour éliminer toute angoisse de devoir faire un choix. Cet artifice, on le retrouve chez les militaires souvent, les hauts fonctionnaires parfois, et chez les gens qui choisissent leurs "chaînes". Le mariage peut en être un cas de figure : *"Maintenant je suis marié, je ne remettrai jamais ce lien en cause"*. Le fait de ne pas remettre en cause une absence de choix peut apaiser. De fait, toutes les religions font appel à la soumission : "Ainsi soit-il", "Amen", "Que la volonté d'Allah soit faite"... L'interdit a un effet structurant de la personnalité, il empêche le chaos.

S&V : Les individus qui s'opposent à la théorie de l'évolution – qui donne finalement au hasard le rôle titre dans le grand film du vivant – sont-ils angoissés par la liberté ?

B. C. : Oui, je le pense. Et le dialogue avec eux est impossible sur le terrain de la raison. Ces personnes ont besoin de cette soumission à un ordre qui les dépasse. Si vous arriviez à les convaincre qu'il n'y a pas d'intentionnalité dans la nature, vous les rendriez malades ! Et ils vous en voudraient. D'où cette haine naissante dans les discussions entre créationnistes et évolutionnistes. Mais on trouve ce trait de soumission dans les sciences également. Dans les institutions scientifiques et les écoles de pensée, on répète la parole du maître et l'on se sent bien en la répétant. Cette tendance a fait des ravages, même en biologie et en psychologie. Mais elle permet aussi d'obtenir des postes, des financements : la soumission à la parole du maître peut procurer des bénéfices de carrière.



CRÉATIONNISTES : *ils disent non au hasard*

Au pied d'une cascade, un enfant joue le plus normalement du monde à deux pas d'un *T. rex*. Quelques mètres plus loin, une colonne d'animaux, dinosaures compris, embarque à bord de l'arche de Noé, reconstituée en grandeur nature. Tous fuient le Déluge, cette catastrophe divine qu'évoque la Genèse et dont un panneau d'informations affirme qu'elle a creusé… le Grand Canyon. Un canular d'étudiant en biologie ? Pas du tout. Nous sommes au musée de la Création, qui vient d'ouvrir ses portes à Cincinnati, dans l'Etat américain du Kentucky. Un musée qui ne cache ni ses moyens ni ses ambitions : 27 millions de dollars de dépenses, et 250 000 visiteurs attendus chaque année dans cet espace de 15 000 m² exposant que *"le monde a été créé en sept jours, comme le raconte la Bible, et que Darwin est un imposteur"*, selon les termes de son directeur Ken Ham. On pourrait sourire d'une telle entreprise, qui tient d'abord du parc d'attractions façon Disneyland. Sauf que cet ancien professeur de sciences naturelles présente son musée comme un respectable produit de la démarche scientifique. Mieux, pour lui, il remplit une mission de première importance : légitimer la croyance en une destinée qui aurait placé l'homme au sommet de la création divine. En un mot, il s'agit du dernier exploit des créationnistes, ce courant de pensée qui, très actif outre-Atlantique, prétend que le récit biblique est la vérité vraie et que toutes les découvertes scientifiques démontrant depuis plus d'un siècle une évolution des espèces sont nulles et non avenues. Ainsi, la Terre se serait formée il y a 6 000 ans, et Eve serait bien née d'une côte d'Adam… Il faut le croire, dit le slogan du musée : *"Prepare to believe !"* Autant dire qu'il ne s'agit pas ici de savoir… En fait, ces fadaises – comment appeler autrement ce qui va à l'encontre de faits scientifiques établis sans même chercher à les réfuter ? – ne sont pas l'apanage de quelques adeptes de musées : bien plus malins, les partisans du mouvement du dessein intelligent (les "IDers", de l'anglais Intelligent Design, ou ID) s'évertuent, eux, à les enrubanner de sérieux pour mieux les diffuser. Bien décidés à semer le doute, ces "néocréationnistes" ont exclu de leur discours toute référence explicite à Dieu. Leur objectif : convaincre étudiants et scientifiques qu'un "architecte" (ou designer) aurait pensé, puis dirigé l'évolution de l'Univers et des êtres vivants qui l'habitent.

UNE CIBLE : DARWIN

Le hasard et la sélection naturelle n'ont donc pas droit de cité dans l'histoire naturelle. La cible de leur offensive est évidemment Charles Darwin et sa théorie de l'évolution qui, depuis 1859, permet d'expliquer l'histoire naturelle sans le recours à une quelconque forme de transcendance. Une théorie qui affirme que l'évolution des êtres vivants est due à une accumulation de petites transformations survenant au hasard, conservées ou non au cours des générations, en fonction des avantages qu'elles procurent… Une théorie qui n'a jamais été prise en défaut. Pourquoi les "IDers" s'obstinent-ils ? Eux seuls pourraient le dire (voir p. 63). Ce qui est sûr, c'est qu'ils ne cessent de vouloir saper la théorie de l'évolution. D'abord en clamant que les 150 ans d'observations confirmant les hypothèses darwiniennes ne leur suffisent pas. Puis en proposant leur propre théorie, ainsi formulée : *"La théorie du dessein intelligent affirme que certaines caractéristiques de l'Univers et des êtres vivants sont expliquées au mieux par une cause intelligente, et non par un processus non dirigé telle que la sélection naturelle"*. Petit problème : les tenants du dessein intelligent se montrent bien moins exigeants, pour ne pas dire frivoles. Car, rappelons-le, le travail de la science consiste à produire des connaissances objectives sur le monde. Ce qui implique que les hypothèses d'une théorie soient testables – selon un protocole validé par la communauté des chercheurs. Or, les contempteurs de Darwin ne proposent aucun protocole permettant d'éprouver l'existence d'une intelligence supérieure. Rien de très scientifique, donc… Pourtant, le dessein intelligent séduirait des chercheurs parfaitement intégrés à la communauté scientifique. Du moins, à en croire ses partisans. Sauf que

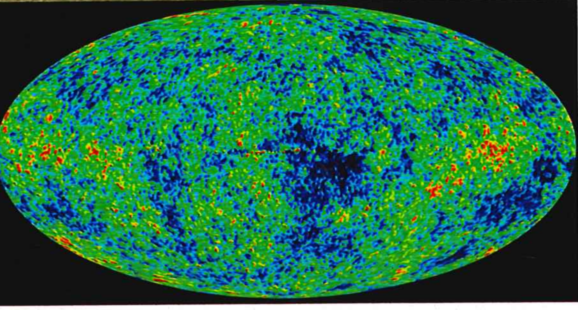


∧ Le musée de la Création de Cincinnati expose que le monde tel que nous le connaissons a été créé en 7 jours.



< Outre-Atlantique, le courant du "dessein intelligent" séduit de plus en plus. Le credo de ces néocréationnistes : un "architecte" aurait pensé et dirigé l'évolution de l'Univers et des êtres vivants.

V Quand l'étude "scientifique" vire au loufoque : deux astrophysiciens chinois essayent de montrer qu'un message de milliers de caractères est contenu dans le rayonnement fossile émis par le big bang...



les chercheurs en question ne se voient pas forcément demander leur avis : dès lors que leurs publications paraissent plus ou moins compatibles avec l'idée d'une évolution dirigée, les IDers les rallient à leur cause, jubilant que la science elle-même les soutient... Quitte à faire appel à des disciplines fort éloignées des sciences de la vie.

DE FAUX CANDIDES

L'astrophysique, en particulier, les inspire beaucoup. Il est vrai que cette discipline leur offre une jolie occasion de remettre au goût du jour un concept appelé "principe anthropique". Sous sa version dite "forte", formulée en 1974 par l'astrophysicien Brandon Carter, ce principe affirme que si l'Univers est tel qu'il est, c'est parce que l'homme est là pour l'observer. Tout se passe comme si l'Univers était réglé pour que nous y apparaissions... Idée ébouriffante ! Mais indémontrable, puisqu'il faudrait pouvoir comparer notre monde avec d'autres univers pour en tester la pertinence...

Si ces spéculations jetées à la face du hasard font florès outre-Atlantique, la France semble peu à peu gagnée par la vague néocréationniste. Ainsi, une association loi 1901 créée en 1995, l'Université interdisciplinaire de Paris (UIP), propose de *"renouer le dialogue rompu par une certaine modernité entre l'ordre des faits et l'ordre des valeurs afin de mieux comprendre l'articulation entre les implications de la recherche scientifique et la quête de sens"*. Dit comme cela, qui trouverait à y redire ? Sauf que l'objectif s'avère vite ambigu lorsque l'UIP organise des colloques aux titres éloquents : "Science et religion : une discipline émergente" (2000), "Peut-on découvrir Dieu grâce à la science ?" (2007). A la tête de cette association, un communicant efficace, invité en Sorbonne ou à l'Académie des sciences morales et politiques, Jean Staune. Son credo ? Poser candidement la question : "Notre existence a-t-elle un sens ?" pour mieux y répondre systématiquement par l'affirmative. Ce qui implique d'élucubrer sur les études scientifiques qui



abondent en son sens, fussent-elles marginales, afin de montrer que *"rien n'empêche la science de s'occuper de l'existence ou non d'un principe créateur"*. Là aussi, l'astrophysique est une muse appréciée. Une étude menée par deux astrophysiciens chinois, qui tentent par de savants calculs de montrer qu'un message de quelques milliers de caractères pourrait être contenu dans le rayonnement "fossile" émis par le big bang – ne riez pas ! – suffit à Jean Staune pour affirmer que la science est aujourd'hui capable d'apporter des réponses à des questions métaphysiques, et surtout à celle de l'existence d'un créateur. Mais c'est la théorie de l'évolution qui constitue, à l'instar des IDers américains, la cible principale de ses attaques. Sur ce terrain, les mathématiques sont réquisitionnées, *via* les propos du biochimiste néozélandais Mickael Denton, adepte du dessein intelligent, pour qui la forme des êtres vivants est régie par des lois mathématiques... ce qui impliquerait que l'organisation du vivant s'appuie sur un plan. A l'évidence, une chose rassemble les antidarwiniens des deux côtés de l'Atlantique : une grande angoisse face au hasard. Rien d'étonnant, explique Armand de Ricqlès, professeur au Collège de France : *"Le hasard choque ceux qui ont une vision finaliste, car l'évolution est sans projet. Cela leur pose des questions existentielles... mais ce n'est pas à la science de répondre à ce type de questions"*. **Cy.B.**

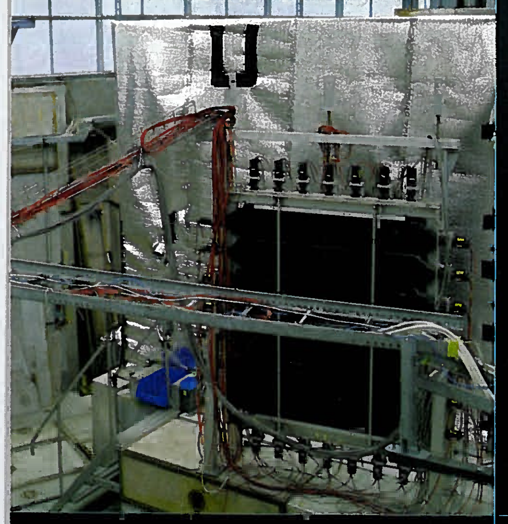
K.BOSSE/LAIF-REA - M.PETERSON/REDUX-REA - GSFC/NASA

Nuages

Par Boris Bellanger

Le Soleil cache-t-il son jeu ?

Et si les rayons cosmiques, que le Soleil est censé filtrer, avaient un impact sur la couverture nuageuse et, dès lors, sur le climat ? Une expérience, baptisée "Cloud", entend faire toute la lumière...



^ Pour le projet Cloud, l'accélérateur de particules du Cern reproduit les interactions qui se jouent dans le cosmos.

Henrik Svensmark se souviendra longtemps de 1997. Cette année-là, ce physicien danois s'est attiré les foudres de la communauté des climatologues. Son tort ? Avoir affirmé que le réchauffement climatique global pouvait s'expliquer en quasi-totalité par les humeurs du Soleil. Son argumentaire ? Il assurait avoir mis en évidence, à partir de données satellites, une corrélation entre l'intensité du flux de rayons cosmiques bombardant la Terre et la couverture nuageuse de l'atmosphère. Les rayons cosmiques ? Il s'agit de particules filant à une vitesse proche de celle de la lumière et provenant de phénomènes vio-



lents se produisant aux quatre coins de l'Univers. Par exemple les explosions d'étoiles qui, bien que situées à des millions d'années-lumière de la Terre, influenceraient ainsi le climat de notre planète ! Car selon les observations de Svensmark, lorsque le flux de ces particules diminue, il y a moins de nuages bas dans le ciel… ce qui fait grimper la température au sol. Et inversement. Or, c'est le Soleil, par l'intermédiaire de son champ magnétique, qui fait office de bouclier pour la Terre en déviant partiellement cette pluie de particules issues du cosmos. Un bouclier plus ou moins efficace selon l'activité, variable, du →

> CONTEXTE

La reconstitution des climats du passé apporte des indices d'une co-évolution de l'activité du Soleil et du climat de la Terre sur 100 ou 1 000 ans. Mais la quantité de lumière du Soleil ne varie pas assez à ces échelles de temps pour expliquer ces changements climatiques. En 1997, l'implication des rayons cosmiques dans la formation des nuages est proposée comme le chaînon manquant. Une hypothèse que Cloud s'apprête à tester.

L'objectif de "Cloud" : voir si des rayons cosmiques engendrent des nuages

Voici le dispositif créé au Cern pour l'expérience Cloud. D'abord, il s'agit de simuler des rayons cosmiques et de recréer dans une cuve un échantillon d'atmosphère en contrôlant tous les paramètres (pression, température, etc.). A partir de là, les physiciens espèrent voir se former des nuages, preuve que les rayons cosmiques joueraient un rôle dans leur genèse...





Accélérateur de particules (synchrotron)

1 Des rayons cosmiques sont simulés
L'accélérateur produit des pions. Ceux-ci vont simuler la pluie de particules secondaires créées lors du passage des rayons cosmiques dans l'atmosphère.

Aimants de réglage du faisceau

→ Soleil. Ainsi, en mettant en avant une corrélation entre rayons cosmiques et nuages, Svensmark proposait audacieusement un mécanisme par lequel notre étoile influencerait à court terme le climat de la Terre.

Une suggestion irrecevable pour la majorité des climatologues. D'abord parce qu'elle revenait à dédouaner l'homme de sa responsabilité dans le réchauffement actuel. Mais surtout parce qu'aucune démonstration scientifique n'avait jamais établi le moindre lien entre les rayons cosmiques et l'abondance des nuages. A l'époque, les données satellites choisies par Henrik Svensmark et l'analyse statistique qu'il en faisait furent donc largement critiquées. Et elles continuent de l'être ! Sauf que, dix ans après la controverse, une expérience inédite, lancée l'hiver dernier, se propose enfin de trancher la question d'un éventuel effet des rayons cosmiques sur les nuages. Regroupés au sein du projet Cloud ("nuage"en anglais, mais aussi "Cosmics Leaving Outdoor Droplets"), des experts mondiaux en physique des nuages et des aérosols se sont en effet installés dans les locaux du plus grand laboratoire de physique de particules du monde : le Cern, à Genève. Objectif : étudier finement l'interaction entre rayons cosmiques et nuages... sans même mettre le nez dehors !

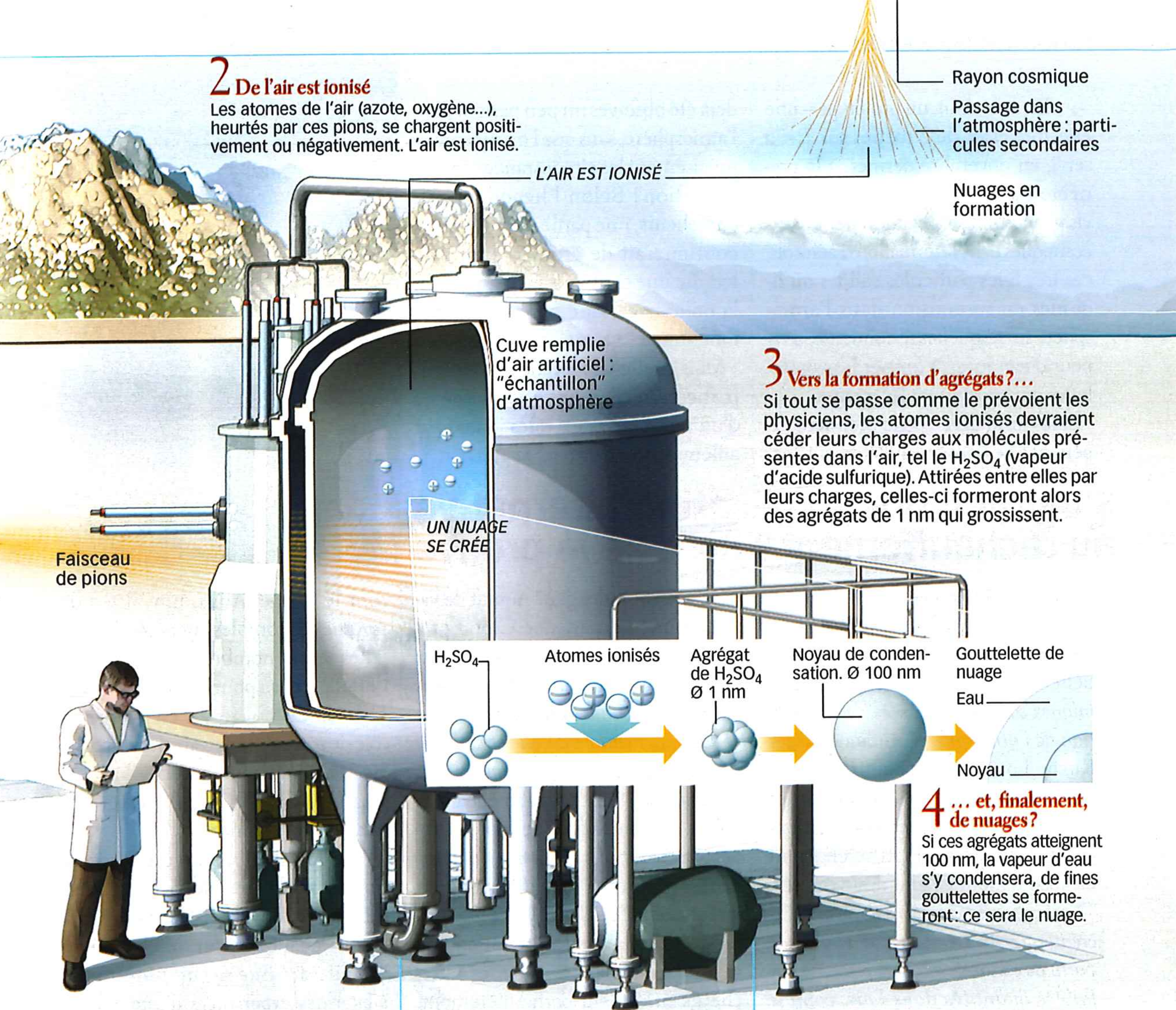
V Jasper Kirkby est le porte-parole de Cloud, qui réunit des experts des nuages et des aérosols de 20 instituts et 9 pays.



Plus facile à dire qu'à faire. Car pour étudier en laboratoire le flux de rayons cosmiques qui crible la Terre à chaque instant, il faut parvenir à le reproduire. Il est vrai que les scientifiques, après des décennies d'études, ont une assez bonne idée de la composition de ce fameux rayonnement avant qu'il ne touche la Terre : il est formé de particules très énergétiques, essentiellement des protons (à hauteur de 90 %), des noyaux d'hélium et des électrons, qui sont accélérés à des vitesses proches de celle de la lumière.

LE SOLEIL BLOQUE LES RAYONS

En pénétrant notre atmosphère, celles-ci entrent alors en collision avec les noyaux d'atomes présents dans l'air, engendrant des gerbes de particules secondaires (électrons, photons, neutrinos, pions, muons...). Puisque ces particules élémentaires ont peut-être un effet sur les nuages, ce sont donc elles qu'il convient d'imiter. Et pour ce faire, les scientifiques ont choisi un allié de taille : l'accélérateur de particules du Cern. "*Grâce à lui, nous avons la chance unique de disposer d'une fidèle réplique des rayons cosmiques, puisque cette source artificielle délivre des particules de même nature et de même énergie*", se réjouit Jasper Kirkby,



CLUTZ/STRATES

physicien et cheville ouvrière du projet Cloud. Comparé à des expériences en milieu naturel, ce faisceau offre de précieux avantages : on peut l'allumer et l'éteindre à volonté, mais aussi faire varier finement son intensité. De quoi reproduire précisément les modifications du flux cosmique causées par les subtiles variations de l'activité du Soleil. Car lors des périodes de forte activité solaire, le champ magnétique du Soleil est plus fort : dès lors, celui-ci bloque plus efficacement le bombardement de particules chargées que subit la Terre. L'intensité du flux de rayons cosmiques varie ainsi en moyenne de 15 % au cours d'un cycle solaire, qui dure onze ans.

Le Cern offrant un substitut avantageux des rayons cosmiques, reste à cloner des nuages ! Ce n'est pas la première fois que des physiciens s'y essaient. En 1911 déjà, un chercheur écossais souhaitant étudier les nuages avait ainsi conçu la "chambre à brouillard", une enceinte hermétique renfermant de la vapeur, qui s'était finalement révélée être un excellent... détecteur de particules ! (Voir "Retour sur image", page suivante). Une version sophistiquée de cette vénérable centenaire est actuellement en préparation pour répondre aux exigences du projet Cloud. Elle reproduira les conditions qui règnent à l'intérieur des nuages évoluant dans les trente premiers kilomètres de l'atmosphère. Soit des températures comprises entre + 40 °C et – 90 °C et des pressions allant de 1 à 10^{-9} bar... "*Une performance technique qui n'a jamais été réalisée pour une chambre à brouillard !*", se félicite le physicien Jasper Kirkby. Ce dispositif high-tech n'existe encore que sur le papier et ne devrait être opérationnel qu'à l'horizon 2010. →

Ce n'est qu'en 2010 que les physiciens sauront si leur hypothèse est juste

→ En attendant, un prototype – une enceinte close de 2 mètres sur 2 –, a servi, en novembre dernier, à la première expérience de Cloud. Celle-ci visait à tester l'implication des rayons cosmiques dans la formation d'aérosols, ces très fines particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère sur lesquelles se condense la vapeur d'eau jusqu'à former les gouttelettes qui constituent les nuages.

Si les résultats de cette première expérience ne seront complètement analysés qu'à la fin de l'été, les chercheurs ne sont pas partis dans l'aventure sans avoir quelque idée des processus potentiellement à l'œuvre. "*Les rayons cosmiques sont responsables de l'ionisation de l'atmosphère*", indique Jasper Kirkby. Lors de l'interaction des rayons avec l'atmosphère, les atomes et les molécules d'air gagnent ou perdent en effet un électron : ils se chargent électriquement et sont donc ionisés. "*Nous suspectons ces ions de favoriser la création et la croissance d'aérosols à partir de certaines vapeurs présentes en faibles quantités dans l'air, comme l'acide sulfurique.*" Des assemblages nanométriques de quelques centaines de molécules ionisées ont d'ailleurs déjà été observés un peu partout dans l'atmosphère, sans que l'on détermine précisément les circonstances de leur formation ! Selon l'hypothèse des chercheurs, une partie de ces aérosols continuerait de croître jusqu'à atteindre une centaine de nanomètres, la taille nécessaire pour assumer la fonction de "graine" de nuage.

Mais quelle fraction de ces aérosols participe réellement à la naissance d'un nuage, et quels rôles jouent par ailleurs la température, la pression, la concentration des gaz ? Autant de variables que l'expérience Cloud promet de maîtriser. "*Contrairement aux mesures effectuées directement dans l'atmosphère, nous saurons exactement ce que nous mettrons dans la chambre et nous contrôlerons et mesurerons tous les paramètres*", s'enthousiasme le chercheur. Une multitude de capteurs reliés à la chambre à réaction a d'ailleurs permis cet hiver à l'équipe de scruter en direct la condensation de l'acide sulfurique en minuscules précurseurs de germes de nuage. Ce que les chercheurs surveillent particulièrement, c'est le nombre de "graines" générées, car celui-ci conditionne le nombre et la taille des gouttelettes qui composeront le nuage. Ainsi, plus il y a de noyaux disponibles, plus les gouttelettes seront nombreuses et de petite taille. Ce qui a pour effet de renforcer l'albédo du nuage – c'est-à-dire son rôle de parasol –, mais aussi sa durée de vie… Deux facteurs cruciaux lorsqu'il s'agit de déterminer l'impact des nuages sur le climat !

S'agit-il d'une explication alternative au réchauffement ? Rien ne le prouve

Pour le moment, aucune conclusion des premières expériences n'a filtré. Mais, d'ores et déjà, les espoirs sont grands quant à la future chambre à brouillard : "*Elle devrait permettre de mener des expériences d'une qualité inégalée et d'améliorer nos connaissances sur la microphysique des nuages ou la formation des aérosols*", annonce



C.LUTZ/STRATES - SPL/COSMOS - LEEMAGE

LES RAYONS ÉCLAIRENT AUSSI LA FOUDRE

Les rayons cosmiques pourraient jouer un rôle fondamental dans un autre phénomène : les éclairs ! Deux cent-cinquante ans après les expériences de Benjamin Franklin, le mystère des mécanismes de génération de ces arcs électriques demeure entier : comment la foudre est-elle initiée alors que le champ électrique qui règne dans le nuage – entre les charges positives au sommet et négatives à la base – est 10 fois trop faible pour produire une décharge ? En 1992, le physicien russe Alex Gurevich suggéra que le déclencheur venait… des rayons cosmiques ! Lorsqu'une de ces particules, qui se déplacent à des vitesses proches de la lumière, entre en collision avec les molécules de l'air, elle produit un électron libre énergétique qui, accéléré par le champ électrique du nuage, va cogner d'autres molécules et engendrer une avalanche électronique : c'est l'éclair. L'observation récente de flashes de rayons X et gamma associés à la foudre confirmerait cette hypothèse. Le dispositif du projet Cloud permettrait enfin de la tester expérimentalement.





^ Dans la chambre à réaction, traversée par un faisceau de rayons cosmiques, des capteurs traquent de minuscules précurseurs de germes de nuage.

< Azote, oxygène : les chercheurs recréent une atmosphère extra-pure afin d'étudier précisément la formation d'aérosols, à la source des nuages...

Joachim Curtius, physicien du Max Planck Institute et participant au projet. Cependant, il ne faut pas oublier le contexte polémique dans lequel s'inscrit Cloud, dont un des initiateurs est le très controversé Henrik Svensmark.

DANS LES ARCHIVES DE LA TERRE

Pour éviter une nouvelle volée de bois vert de la part de la communauté scientifique, les faiseurs de nuages se veulent prudents, tout en défendant la pertinence de leur recherche. "*La principale objection faite à Svensmark sur la modulation du couvert nuageux par les rayons cosmiques est globalement fondée*", reconnaît Mike Lockwood, physicien au Rutherford Appleton Laboratory (Royaume-Uni) et membre du projet. *Mais le fait qu'il n'y ait pas de mécanisme connu n'implique pas qu'il n'existe pas. Pour autant, je ne crois pas que Cloud fournira une explication alternative au réchauffement global.*" Un sentiment partagé par Jasper Kirkby : "*Il est important de ne pas se méprendre sur l'implication des rayons cosmiques dans les changements climatiques du XXe siècle. Nous ne disons pas que les rayons sont responsables de la formation de tous les nuages de l'atmosphère mais qu'ils peuvent avoir une influence, dans certaines régions de cette couche d'air ! Par ailleurs, il existe dans les archives du passé de la Terre des indices d'une évolution conjointe du Soleil et du climat. Une participation des rayons cosmiques à la formation des nuages ne pourrait-elle alors pas représenter le chaînon manquant ? Nous n'avons pas encore la réponse*".



Si cette contribution à la couverture nuageuse devait être avérée, il faudrait à l'avenir l'intégrer dans les simulations climatiques. Resterait ensuite à quantifier précisément l'impact des rayons cosmiques... et à l'accepter ! Car, alors que l'homme peut encore agir pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, il est inutile d'espérer limiter ce bombardement extraterrestre. ▮

> RETOUR SUR IMAGE

C'est émerveillé par la beauté du monde que le physicien écossais Charles Thomson Rees Wilson aurait, à 25 ans, décidé de recréer les nuages. Un an après, en 1895, il réalise, dans le célèbre laboratoire Cavendish de Cambridge, sa première chambre à brouillard : une enceinte remplie d'air saturé de vapeur d'eau est soumise à une brusque dépression, provoquant la condensation de la vapeur en gouttelettes. Wilson montra que, contrairement aux théories de l'époque, la présence de poussières n'est pas nécessaire à la formation de ces gouttelettes. Il soupçonne que des ions libres servent de noyaux de condensation. Hypothèse renforcée lorsqu'il observe que le brouillard est plus dense quand il expose sa chambre à des rayons X – découverts seulement l'année précédente. En 1911, Wilson améliore le dispositif et photographie la traînée de gouttelettes de la trajectoire de particules alpha et bêta traversant l'enceinte. Il rend ainsi visible l'invisible ! Sa technique est dès lors adoptée par les physiciens nucléaires comme détecteur de particules et permettra la découverte du positron par Carl Anderson, en 1932.

V Dès 1911, la chambre à brouillard de Wilson photographie les particules cosmiques.



Télé-médecine

Piloter un microvéhicule dans les artères : tel est l'exploit que des chercheurs sont parvenus à réaliser. Une première !

Par Eric Hamonou

Le "Voyage fantastique" devient réalité

On se rappelle peut-être *Le Voyage fantastique*, ce joli film d'anticipation réalisé il y a quarante ans par Richard Fleischer, qui narrait l'odyssée d'un sous-marin miniature envoyé dans les artères d'un malade pour y liquider un caillot de sang impossible à opérer. Eh bien, il s'agissait effectivement d'anticipation ! Car cet exploit, une équipe de médecins et de roboticiens canadiens l'a réalisé *in vivo* : en mars dernier, ils ont introduit, puis piloté un microvéhicule dans les artères d'un porc. Une fantastique première mondiale.

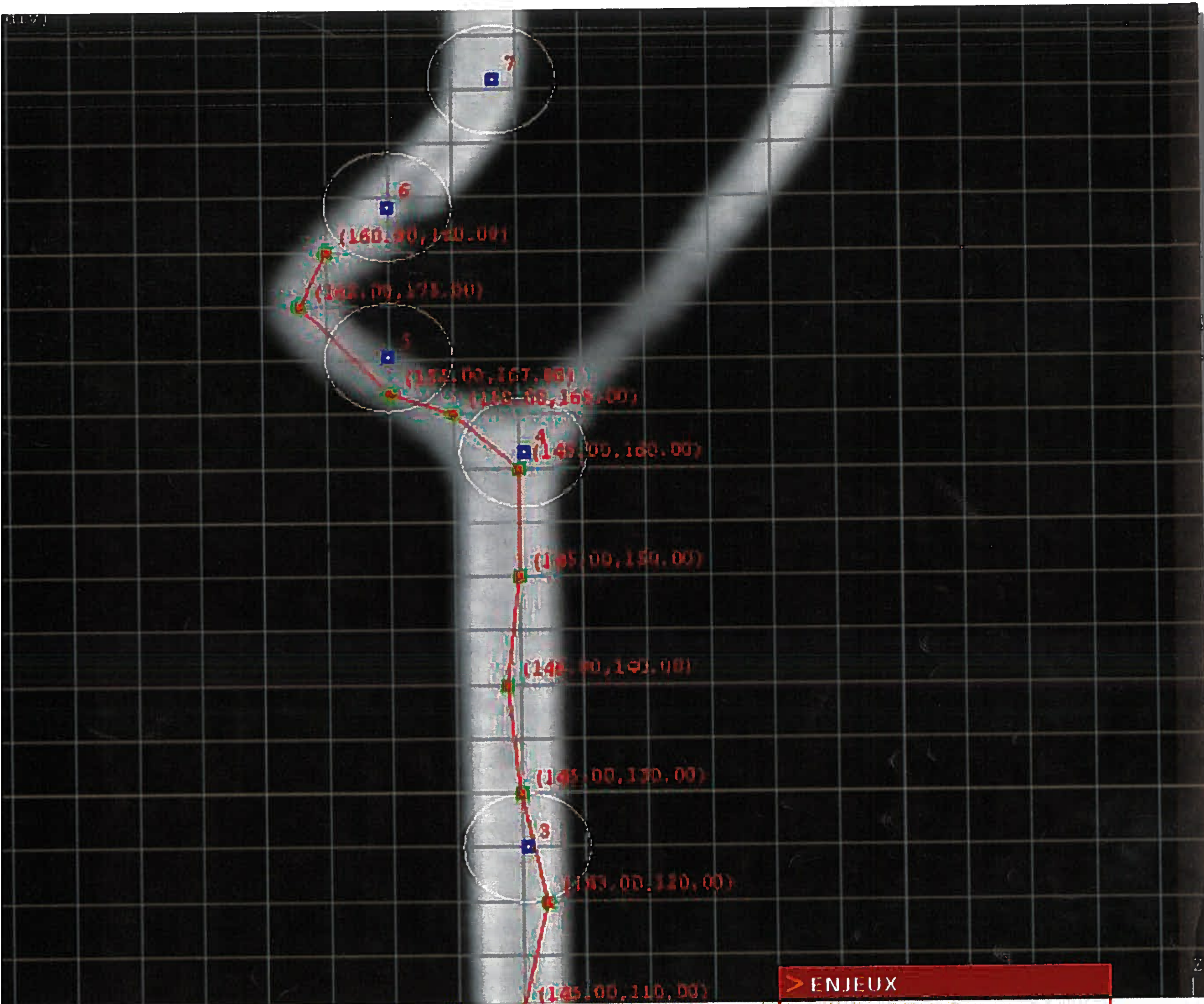
Même méthode, même but, mêmes difficultés... Vraiment, la première canadienne a tout de la prouesse mise en scène en 1966 par Hollywood. A une différence près : Raquel Welch ni d'ailleurs aucun être humain ne font partie de l'équipage. Car ce n'est pas en rétrécissant un sous-marin classique que l'équipe de Sylvain Martel, chercheur au laboratoire de nanorobotique de l'école polytechnique de Montréal, a réussi son "voyage fantastique".

UNE PETITE BILLE AIMANTÉE

En réalité, le véhicule que lui et son équipe ont conçu se présente sous la forme d'une petite bille de métal, alliage de chrome et d'acier, d'un diamètre de 1,5 mm et pesant un peu plus d'un centième de gramme. Assez petite, donc, pour circuler dans des artères de taille moyenne comme la carotide (dont le diamètre est d'environ 4 mm), mais pas assez pour explorer, comme dans le film, des vaisseaux mesurés en dizaines de



micromètres, voire des capillaires de 7 micromètres... Mais ce n'est qu'un début. Car Sylvain Martel estime déjà possible de réduire la taille de la bille à "*2 micromètres, moyennant quelques adaptations de la technique employée pour la diriger*". Le vrai défi, en fait, se situant ici au niveau du pilotage.



^ Injectée dans une artère, une microbille de 1,5 mm de diamètre est téléguidée par ordinateur et circule ainsi à l'intérieur du corps jusqu'à atteindre la cible déterminée.

< Déjà, en 1966, le film *Le Voyage fantastique* imaginait des médecins miniatures naviguant dans le corps d'un patient.

RUE DES ARCHIVES - LABORATOIRE DE NANOROBOTIQUE/EPM

Car c'est là l'autre grande différence entre fiction et réalité : le "sous-marin" canadien n'est pas autonome, mais contrôlé et déplacé de l'extérieur. La bille – inerte – est en effet forgée dans un matériau dit ferromagnétique, qui lui permet de s'aimanter lorsqu'elle est plongée dans un champ magnétique. En faisant varier l'intensité et la direction de ce champ, il devient alors possible de la piloter dans toutes les directions. Dit comme cela, ça semble facile. En réalité, les choses sont bien sûr plus complexes. Et pour cause : diriger la bille à l'intérieur d'un corps exige de générer un champ magnétique suffisamment fort, tout en contrôlant sens et intensité dans les trois dimensions… Complexe, mais pas impossible. Car n'est-ce pas ce que permettent justement les appareils d'imagerie par résonance magnétique (IRM) qui servent à observer certains tissus et, notamment, à y déceler des tumeurs ?

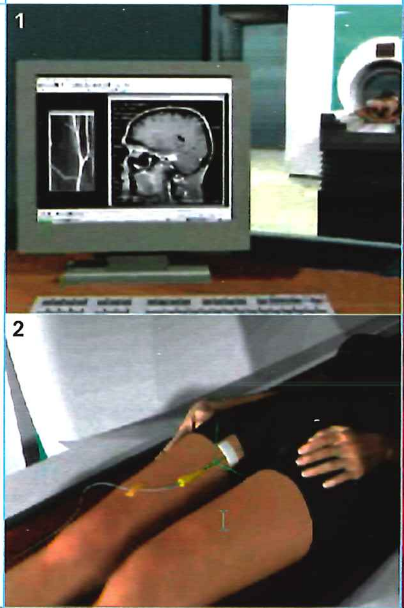
Et voilà l'idée géniale des chercheurs canadiens : introduire une bille capable de s'aimanter dans le corps d'un cochon se trouvant lui-même dans un IRM. Car alors, on fait d'une pierre trois coups : on peut voir la bille, la propulser et la diriger. →

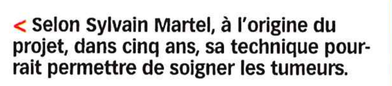
> ENJEUX

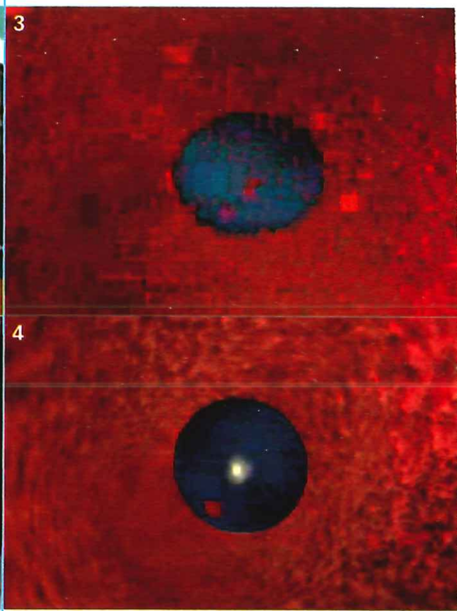
L'efficacité d'un médicament dépend autant, sinon plus, de la manière dont on l'administre que de la molécule qui est administrée. La chimiothérapie, par exemple, serait totalement efficace contre les cellules cancéreuses si l'on pouvait en augmenter très fortement les doses. Problème : libérées dans l'ensemble du corps, de telles doses auraient des effets secondaires désastreux pour l'organisme. C'est pourquoi les chercheurs redoublent d'efforts pour trouver des modes d'administration les plus ciblés possibles. Ce qui offrirait, par la même occasion, une seconde chance à de nombreuses molécules ayant des effets curatifs reconnus mais qui ne sont toutefois pas utilisées du fait, encore une fois, de leurs effets secondaires.

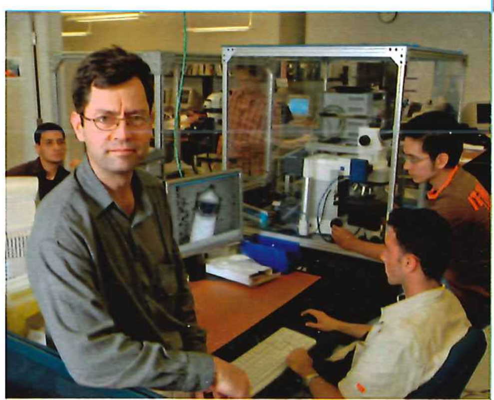
Le traitement par microbille en 7 étapes

Après l'expérimentation animale, voici le scénario proposé par l'équipe de Sylvain Martel. La scène se passe dans une salle d'examen IRM (1). Le personnage principal subit un scanner qui permet, notamment, d'observer l'intérieur de ses artères. Par un cathéter posé dans sa cuisse (2), on fait pénétrer la microbille de polymère, chargée de nanoparticules métalliques et du médicament *ad hoc*. Une fois à l'intérieur, elle est téléguidée grâce au champ magnétique de l'IRM jusqu'à sa cible (3 et 4). Il ne reste alors plus qu'à commander la libération de la substance active (5 et 6). Et nous avons là un "happy end" (7).









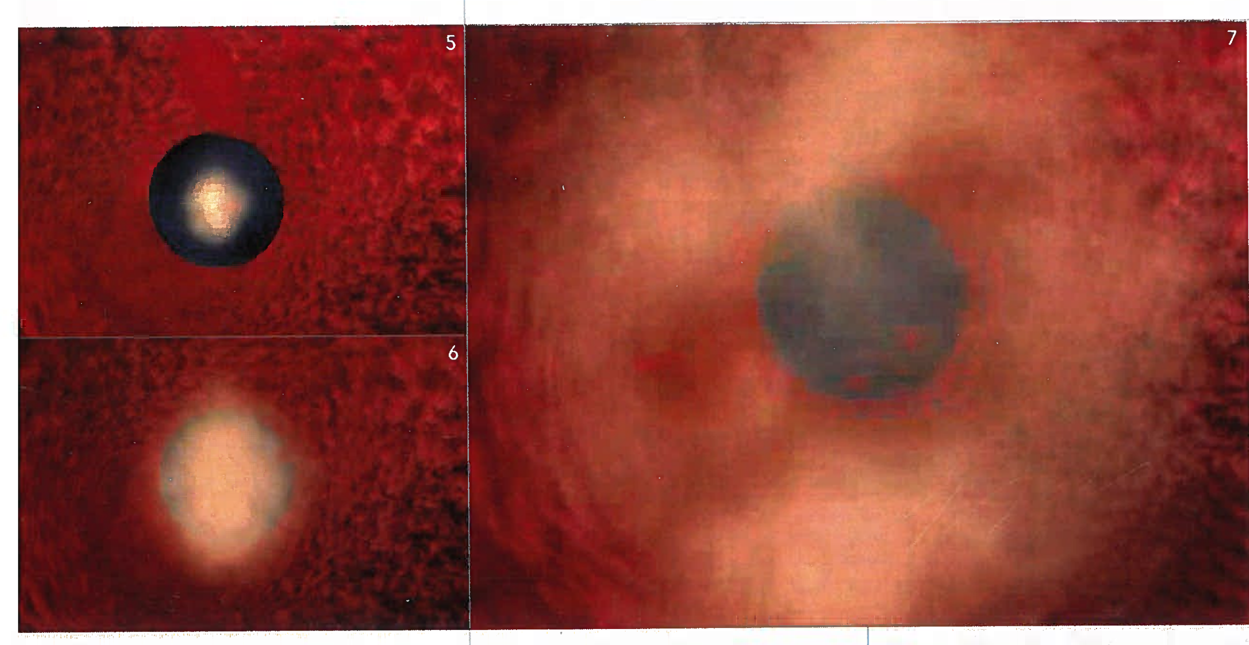
< Selon Sylvain Martel, à l'origine du projet, dans cinq ans, sa technique pourrait permettre de soigner les tumeurs.

→ Reste que piloter la bille sans en perdre le contrôle n'est pas une mince affaire. Que le champ magnétique soit trop intense, et la bille dépasse alors son objectif, au risque de se perdre dans le dédale des artères... C'est arrivé plus d'une fois lors des tests *in vitro*, même si Martin Mankiewicz, informaticien de l'équipe, précise que *"la bille a été récupérée à chaque fois"*. Pour éviter de telles erreurs de navigation, la parade consiste à recalculer en permanence la trajectoire de la bille et à ajuster la force de propulsion en tenant compte des contraintes physiologiques telles que la densité du sang et son débit. Du coup, c'est l'ordinateur qui tient la barre : "*A intervalles réguliers, le logiciel contrôleur lit la position de la bille, calcule la distance à laquelle elle se trouve du prochain point de contrôle et calcule la force à appliquer pour l'y propulser en tenant compte de sa vitesse et du flux sanguin*", explique Martin Mankiewicz.

Et le robot n'a pas failli : les dix allers-retours prévus dans la carotide de l'animal ont pu être effectués à une vitesse de pointe frôlant les 40 km/h sans que la bille ne se perde une seule fois ! Les chercheurs ont même réussi à l'extraire en fin d'expérience en la dirigeant vers un cathéter muni d'un aimant. Mission accomplie ! Et c'est pour la médecine une véritable avancée. Car, comme dans le film de Richard Fleischer, voilà qu'il devient possible de diagnostiquer ou même de soigner des maladies de manière non seulement plus ciblée, mais également moins risquée (voir encadré). Par exemple, la bille pourrait servir de goupillon pour artère, afin de dégager une section obstruée. Ou bien, au contraire, boucher les principales artérioles qui alimentent les tumeurs pour priver celles-ci d'oxygène et de nourriture et, finalement, les amoindrir. Sylvain Martel imagine même des coursiers capables de livrer des médicaments dans les endroits les plus inaccessibles. Il s'agirait alors de placer à l'intérieur de chaque bille une substance active, à libérer une fois le colis arrivé à bon port. On pourrait ainsi obtenir des concentrations localisées de principes actifs, en évitant la dilution dans tout l'organisme et les effets secondaires : ce qui limite précisément l'efficacité de la chimiothérapie.

La vitesse de la microbille dans la carotide du porc a frôlé les 40 km/h

Mais attention, "*l'idée n'est pas de remplacer ce traitement, mais d'en augmenter l'efficacité grâce au ciblage des tumeurs qui n'ont pas encore produit de métastases*", indique Sylvain Martel. Car pas question, avec cette méthode, d'aller détruire des cellules isolées. On ne peut cibler que ce qu'on peut voir, et la taille minimale requise pour qu'une



tumeur soit détectable à partir d'un examen IRM est, selon l'expert, *"d'un millimètre"*, ce qui représente déjà des centaines de milliers de cellules cancéreuses.

LIBÉRER UN MÉDICAMENT

Concrètement, la stratégie retenue par l'équipe consiste à utiliser des microbilles en polymère biodégradable remplies d'une substance antitumorale et de nanoparticules d'un alliage de fer et de cobalt. Ces dernières, en plus de conférer les propriétés ferromagnétiques indispensables pour les manœuvrer, peuvent servir, une fois la cible atteinte, à déclencher la libération du médicament en faisant fondre l'enveloppe de plastique. Car ces particules ont le pouvoir d'échauffer leur environnement direct de plusieurs degrés lorsqu'elles sont soumises à des ondes radio. Sachant que des tests *in vitro* ont déjà commencé, on saura bientôt si la réalité a rejoint la fiction. Mais une chose est déjà certaine : la possibilité que, d'ici à quelques années, le traitement de certains cancers passe par l'injection intraveineuse d'un missile téléguidé n'appartient plus au seul domaine de l'imagination.

LABORATOIRE DE NANOROBOTIQUE/EPM

UNE ARME DE PLUS DANS LA GUERRE CONTRE LA TUMEUR

La microbille conçue à Montréal n'est qu'une arme de l'arsenal antitumoral parmi tant d'autres : il existe ainsi des armes téléguidées (comme celles des Canadiens) ou équipées de "têtes chercheuses". Reste qu'elles sont encore loin d'être tout à fait opérationnelles.
Ce qui n'est pas le cas des missiles autonomes de première génération qui ont d'ores et déjà atteint la dernière phase des essais cliniques. Concrètement, il s'agit de simples charges de médicaments enfermées à l'intérieur de liposomes (des capsules à membrane lipidique), qui sont reconnues par le système immunitaire comme des corps étrangers et qui, du coup, sont conduites dans le foie pour y être digérées par les macrophages. Le médicament y est ainsi concentré et libéré du simple fait de l'action du système immunitaire. Parfait quand on veut traiter un cancer hépatique... mais pas quand la cible est un autre organe. Dans ce cas, il s'agit de rendre les missiles furtifs pour qu'ils échappent au système immunitaire et atteignent leur cible. C'est ici l'ambition des missiles autonomes de deuxième génération à la surface desquels les chercheurs vont greffer des nanomolécules de polymère servant de camouflage. Et l'on parle d'ores et déjà de missiles de troisième génération, furtifs et capables de détecter leurs cibles.
Cependant, de telles armes sophistiquées présentent un gros défaut : nombre d'entre elles se perdent en cours de route ou libèrent leur contenu prématurément... au risque de provoquer des dommages collatéraux. Un comble quand c'est justement ce qu'elles cherchent à éviter. On comprend ici mieux l'intérêt de disposer d'armes que l'on puisse suivre et contrôler activement.

Autobronzant
Une molécule fait des miracles

Même en l'absence de soleil, la forskoline active le bouclier anti-UV de l'organisme. Résultat : la peau se met naturellement à bronzer... sans risque de cancer. De quoi ouvrir la voie à l'autobronzant idéal.

Par Marine Cygler

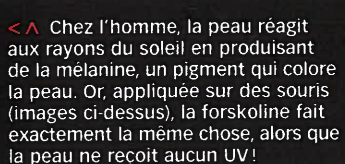
Une petite couche d'autobronzant et le tour est joué. Hâlé à point, le vacancier débutant affronte la plage la tête haute. Mais gare, le bronzage artificiel ne protège en rien du soleil ! De fait, tous les autobronzants utilisent le même principe actif : la dihydroxyacétone, une substance qui colore la peau par oxydation de restes des cellules mortes de la couche cornée, la partie plus superficielle. Rien de plus. Rien, surtout, qui fasse écran aux rayons ultraviolets solaires, agresseurs patentés du fragile ADN du noyau de nos cellules. Autant dire que, même si vous êtes enduit d'autobronzant, il convient de protéger votre peau contre les risques de coup de soleil et, plus grave, de mélanome (voir "Enjeux"). Enfin... peut-être plus pour très longtemps ! Car en menant des travaux de biologie expérimentale, une équipe de cancérologues américains a mis la main sur ce qui pourrait devenir l'autobronzant idéal. Ils ont démontré qu'une molécule extraite d'une plante décorative tropicale, le coléus de Forskohl (*Coleus barbatus*), provoque un bronzage artificiel parfaitement... naturel.

MÉLANINE DIRECTEMENT ACTIVÉE

En clair : sous l'effet de ce principe actif végétal, les cellules de la peau se comportent exactement comme si elles réagissaient au soleil. Lorsqu'un rayon frappe la peau, celle-ci s'en protège en sécrétant de la mélanine, ce pigment qui vient colorer l'épiderme, lui donnant une teinte brune.

Extraite de la racine de la plante, la forskoline était déjà connue depuis une dizaine d'années pour sa capacité à stimuler la pigmentation de la peau. Encore fallait-il s'en assurer et en apporter la preuve scientifique. Pour le cancérologue David Fisher, c'est une piste cruciale. Car ce spécialiste du mélanome au Dana Farber Cancer Institute (Boston, Etats-Unis) cherche un moyen de protéger les enfants roux – les plus vulnérables – des ravages que leur inflige le soleil : pour





< ^ Chez l'homme, la peau réagit aux rayons du soleil en produisant de la mélanine, un pigment qui colore la peau. Or, appliquée sur des souris (images ci-dessus), la forskoline fait exactement la même chose, alors que la peau ne reçoit aucun UV !

M.DOCHER

80 % d'entre eux, le risque de développer un cancer de la peau est 16 fois supérieur à la moyenne. C'est que chez eux, les cellules chargées de synthétiser la mélanine, les mélanocytes, restent inactives, même sous un soleil de plomb... laissant dès lors l'ADN exposé aux pires mutations. Non qu'elles soient dépourvues des outils pour produire la molécule protectrice, mais elles ne perçoivent pas le signal déclencheur de cette production : leur récepteur MCR1 ne fonctionne pas. Or, ce récepteur est essentiel. Lorsqu'un rayon solaire frappe la peau et engendre la production d'hormones, c'est lui qui transmet le signal hormonal aux mélanocytes et leur donne l'ordre de produire la mélanine (voir infographie).

La forskoline pourrait-elle contourner ce processus ? Puisqu'elle possède un pouvoir pigmentant, se pourrait-il qu'elle utilise une autre voie pour stimuler la production de mélanine ? C'est précisément pour le savoir que David Fisher a eu l'idée de tester cette molécule sur des souris privées de récepteur MCR1 après manipulation génétique. Des souris qui ne →

> ENJEUX

Le mélanome voit son incidence doubler tous les dix ans dans les pays occidentaux. Ceci malgré les programmes de dépistage et les campagnes de prévention, qui insistent sur l'importance de ne pas s'exposer au soleil entre 12 h et 16 h. Cancer de la peau le plus agressif car il crée rapidement des métastases, le mélanome est souvent mortel lorsqu'il est diagnostiqué tardivement et cause chaque année 1 400 décès en France. Il résulte d'une surexposition solaire pendant l'enfance, période où un individu reçoit entre 60 et 80 % de la dose totale de rayonnement UV qu'il sera amené à recevoir tout au long de sa vie. Les scientifiques cherchent aujourd'hui des molécules qui pourraient sauver notre peau en activant ses défenses naturelles.

ET LA DÉPIGMENTATION ?

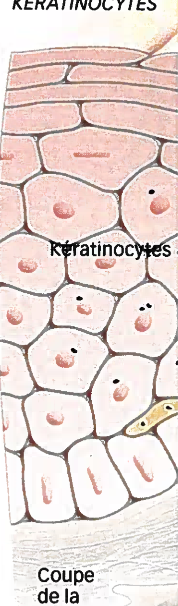
Si la pigmentation de la peau protège du soleil, elle est parfois indésirable quand elle est inégalement répartie. C'est le cas des taches de vieillesse sur les mains, qu'il est possible de faire disparaître en agissant aussi sur les mélanocytes. Dans ce cas, il s'agit tout simplement de les détruire au laser. Mais cette technique n'est efficace que pour les zones restreintes et non évolutives. L'industrie pharmaceutique et cosmétologique s'attelle donc à trouver des molécules qui agissent directement au cœur de la cellule. Une voie de recherche vise à inhiber la tyrosinase, enzyme clé de la fabrication de la mélanine, dont l'absence est à l'origine de la couleur de la peau des albinos. Pour ce qui est de l'éclaircissement de la peau, très recherché en Afrique et en Asie, il existe des crèmes blanchissantes, à base d'hydroquinone. Elles agissent aussi sur la tyrosinase. Mais pour être efficaces, elles doivent être très concentrées, ce qui peut provoquer de graves complications comme des irritations et l'ochronose secondaire, qui se présente sous forme de papules (lésions) hyperpigmentées. En France, elles sont interdites sans prescription médicale.



^ Les taches pigmentaires, inesthétiques, peuvent être détruites avec un traitement au laser.

La forskoline active directement le bronzage

Les UV déclenchent la production de l'hormone alpha-MSH dans les cellules kératinocytes de la peau. Cette hormone vient ensuite activer les récepteurs MCR1, à la surface des mélanocytes. La production d'une molécule intermédiaire, l'adénosine monophosphate cyclique (AMP cyclique), est alors renforcée et son accumulation déclenche la synthèse du pigment du bronzage, la mélanine, qui protège l'ADN des effets néfastes des UV. Avec la forskoline, le mécanisme de bronzage est court-circuité. En effet, il ne passe pas par les cases "hormones" et "récepteurs MCR1" : ce principe végétal active directement la production d'AMP cyclique dans les mélanocytes, et donc de mélanine.



→ bronzent donc pas lorsqu'elles sont exposées au soleil. Le résultat ? Il s'est révélé à la hauteur des espérances : après avoir été enduite de forskoline, la peau de ces rongeurs s'est parée d'une jolie teinte dorée, sans même qu'ils aient eu à mettre le museau dehors ou à utiliser la moindre goutte d'autobronzant. La forskoline avait déclenché chez eux un authentique phénomène de bronzage !

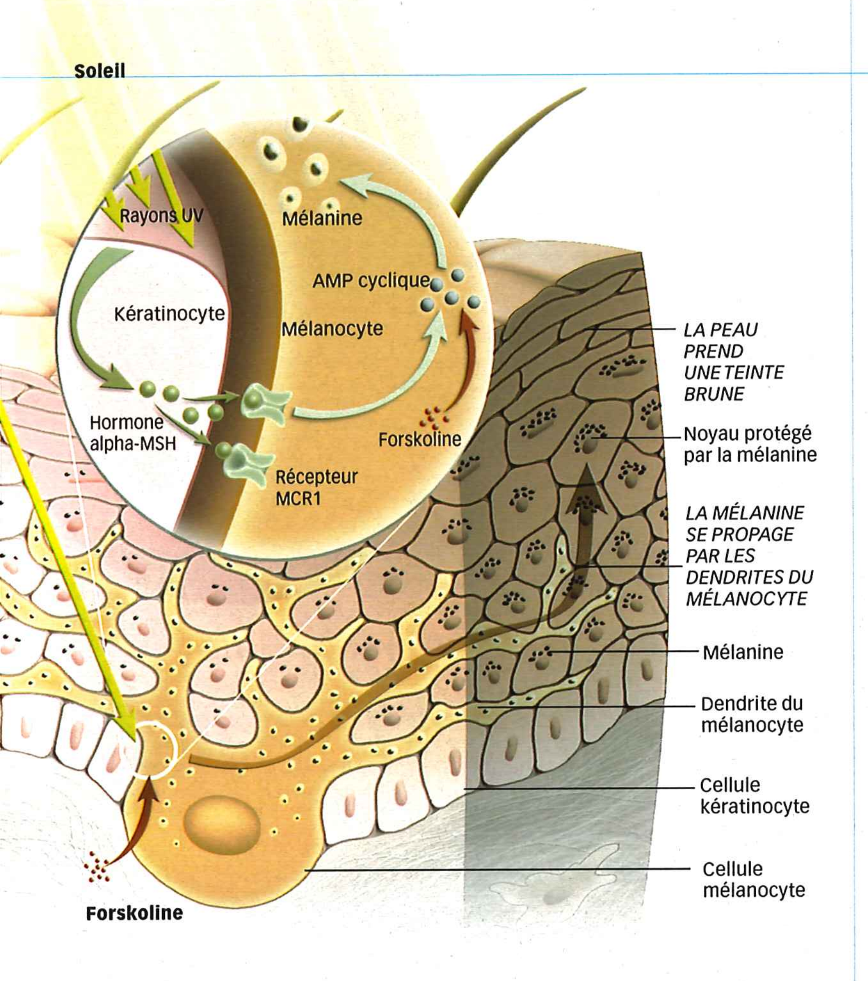
En y regardant de plus près, les chercheurs ont découvert qu'à l'intérieur des mélanocytes, la forskoline augmente le taux d'un activateur de réactions chimiques, l'AMP cyclique. Augmentation qui "booste" la fabrication des enzymes chargées de l'élaboration de la mélanine. Normalement, c'est le MCR1 qui déclenche cette augmentation. Or ici, il n'y a ni MCR1 ni soleil. Et pourtant, comme chez des souris normales, la mélanine est produite en abondance, puis transférée dans les cellules superficielles, les kératinocytes, où elle s'accumule au-dessus du noyau. Elle y forme un petit chapeau (phénomène du "caping") qui protège l'ADN contre les agressions des UV. La forskoline serait donc le premier autobronzant véritable, capable d'agir directement sur la sécrétion de mélanine.

"Il nous reste à trouver une molécule qui pénètre profondément notre peau"

DAVID FISHER
CANCÉROLOGUE AU DANA FARBER INSTITUTE

RÉSULTATS D'ICI DEUX À CINQ ANS

Une manne en perspective pour l'industrie cosmétique et un espoir pour tous les visages pâles… qui devront toutefois se montrer patients. Car pour l'heure, rien ne dit si ce qui fait brunir les souris transgéniques fera bronzer l'humain, qu'il soit roux ou blanc comme un cachet d'aspirine. L'étude des effets de cette découverte sur l'être humain est actuellement entre les mains d'un post-doctorant



français de l'université Harvard et collaborateur de David Fisher: Mehdi Khaled. "*Je commence à tester différents dosages de forskoline sur des prépuces issus de circoncision et de la peau provenant de réduction mammaire*", explique-t-il. Prudent, il rappelle que l'application à l'homme de n'importe quelle nouvelle molécule est toujours délicate car son métabolisme est, sinon plus complexe, au moins différent de celui de l'animal. Il est ainsi très difficile de connaître les éventuels effets secondaires d'une substance étrangère à l'organisme. Or, dans le cas de la forskoline, il ne faut pas négliger le fait que la molécule agit indifféremment sur toutes les cellules et non uniquement sur celles qui ont un récepteur MCR1 déficient (voir "Il en pense", ci-contre)... "*Il ne s'agit pas ici de soigner un malade avec des molécules qui peuvent faire reculer la maladie mais sont potentiellement toxiques,* explique David Fisher. *Nous voulons justement prévenir l'apparition de cancers. La molécule en question doit donc être d'autant plus inoffensive...*"

Ces difficultés n'empêchent pas le cancérologue du Dana Farber Cancer Institute d'afficher un réel optimisme. David Fisher pense obtenir des premiers résultats chez l'homme d'ici deux à cinq ans... Mais ce n'est peut-être pas la forskoline qui sauvera notre peau. "*Ce n'est pas nécessairement le meilleur traitement car la peau humaine est deux à trois fois plus épaisse que celle des souris: il nous faut donc trouver une molécule douée du même mécanisme d'action que la forskoline, mais qui pénètre profondément*", conclut le chercheur. A suivre, donc.

D.R. - SPL/COSMOS

> IL EN PENSE

Robert Ballotti
SPÉCIALISTE DU BRONZAGE ET DU MÉLANOME À L'INSERM.



"Prudence: les effets secondaires sont encore trop lourds"

Il est utile d'insister sur le fait que les autobronzants, simples oxydants des kératinocytes, n'ont aucun effet photoprotecteur. C'est pourquoi la recherche d'agents propigmentants est si active. Cependant, dès lors que ces agents agissent à l'intérieur même de toutes les cellules sans distinction, je serai très prudent. Pour le moment, les effets secondaires sont encore très lourds: cela va de la diminution des réponses immunitaires jusqu'à des problèmes circulatoires, en passant par une diminution de la satiété.
A mon avis, une approche plus intéressante serait de trouver un moyen de ne viser spécifiquement que les mélanocytes, les cellules qui produisent la mélanine, afin d'éviter une action incontrôlée sur d'autres cellules. En attendant, une solution simple existe: la prévention.
Les dermatologues préconisent de ne pas exposer les enfants au soleil.
Il est tout à fait évident, aujourd'hui, que tout se joue avant l'âge de 10-12 ans. Deux coups de soleil pénibles avec desquamation pendant l'enfance augmentent d'un facteur 5 à 10 le risque de développer un mélanome.

Supernova
L'explosion qui défie la théorie

Repérée dans la constellation de Persée, l'explosion de l'étoile SN 2006gy restera dans les annales : non seulement sa lumière fut fantastique, mais elle dura trois mois ! Ce qui contredit la théorie...

Par Cyrille Baudouin

Le spectacle offert par la supernova SN 2006gy, à quelque 240 millions d'années-lumière, restera dans les annales de l'observation astronomique. Certes, les étoiles disparaissent rarement sans un dernier coup d'éclat : arrivées en fin de vie, elles explosent souvent dans un feu d'artifices de lumière – ce que les astronomes appellent une supernova. Mais jamais une aussi lumineuse et énergétique n'avait été détectée : à l'automne dernier, SN 2006gy a illuminé sa galaxie hôte NGC 1260 comme plus de 50 milliards de Soleil ! Soit cinq fois plus que la plus brillante supernova observée jusqu'alors, en 2005. Un phénomène exceptionnel. Et ce n'est rien de le dire...

C'est à une équipe menée par Nathan Smith de l'université de Californie à Berkeley, ainsi qu'à des astronomes de l'uni-

^ La supernova SN 2006gy apparaît au-dessus et à droite du centre galactique de NGC 1260 (grande tache jaune).



versité du Texas, à Austin, que l'on doit la dernière interprétation des données. Selon eux, seul un astre pesant pas moins de 150 fois la masse de notre Soleil est capable d'avoir créé un tel cataclysme. Soit un phénomène cosmique approchant dangereusement la masse limite que pourrait atteindre une étoile… SN 2006gy est donc une véritable aubaine pour les astrophysiciens : ils n'avaient jamais pu observer la mort en direct d'un tel monstre galactique. L'intérêt ? Simple : ces étoiles très massives ne sont plus légion dans notre univers actuel, alors qu'elles faisaient florès lorsque l'Univers n'était âgé que d'un petit milliard d'années. SN 2006gy doit donc permettre d'en savoir plus sur la fin de vie des astres primitifs. Le problème, c'est que cette supernova, par son ampleur, →

LICK/UC BERKELEY/J. BLOOM/C.HANSEN - E. JULLIEN

> ENJEUX

L'explosion qui accompagne la mort d'une étoile (ce qu'on appelle une supernova) varie selon sa masse : elle nous renseigne sur l'histoire de l'Univers et sur ses éléments. Les supernovae servent de marqueurs de distances et d'indicateurs de vitesse de l'expansion de l'Univers. Elles dispersent aussi les éléments fabriqués au cœur des étoiles : carbone, oxygène, azote, mais aussi fer ou silicium, qui nous composent, nous, notre planète ainsi que notre système solaire. D'où l'importance d'en comprendre les mécanismes.

ETA CARINAE : UN AVANT-GOÛT DE SUPERNOVA DANS NOTRE GALAXIE

Située dans la nébuleuse de la Carène, à environ 7 500 années-lumière, on la soupçonne d'être l'étoile la plus massive de notre galaxie, entre 100 et 150 masses solaires. Depuis qu'elle a été cataloguée en 1677 par Edmund Halley, Eta Carinae est régulièrement secouée par des spasmes, dont le plus violent remonte à 1843. Cette étoile qui brille comme 4 millions de Soleil expulsa alors une quantité phénoménale de matière – la moitié du Soleil par an durant une vingtaine d'années ! –, devenant à l'époque la deuxième étoile la plus brillante du ciel. Depuis, même si ses sursauts ont été moindres, Eta Carinae n'en reste pas moins très instable car elle est en phase "lumineuse-bleue-variable" (LBV), qui serait l'avant-dernière séquence avant l'explosion en supernova quelques milliers d'années plus tard. Mais SN 2006gy est venue jouer les trublions, car il se pourrait que cette dernière ait été une LBV au moment de son explosion. Auquel cas, Eta Carinae exploserait beaucoup plus tôt que prévu. Quand ? Difficile à dire. Ce qui est sûr, c'est que sa mort ne passera pas inaperçue : son éclat ne sera dépassé que par ceux de la Lune et du Soleil.

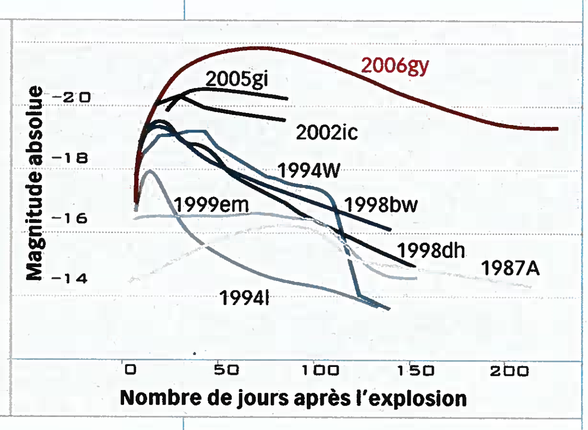
→ ne correspond à aucun des scénarios décrivant la mort des étoiles. A tel point qu'il pourrait finalement s'agir d'un tout nouveau type de supernova !

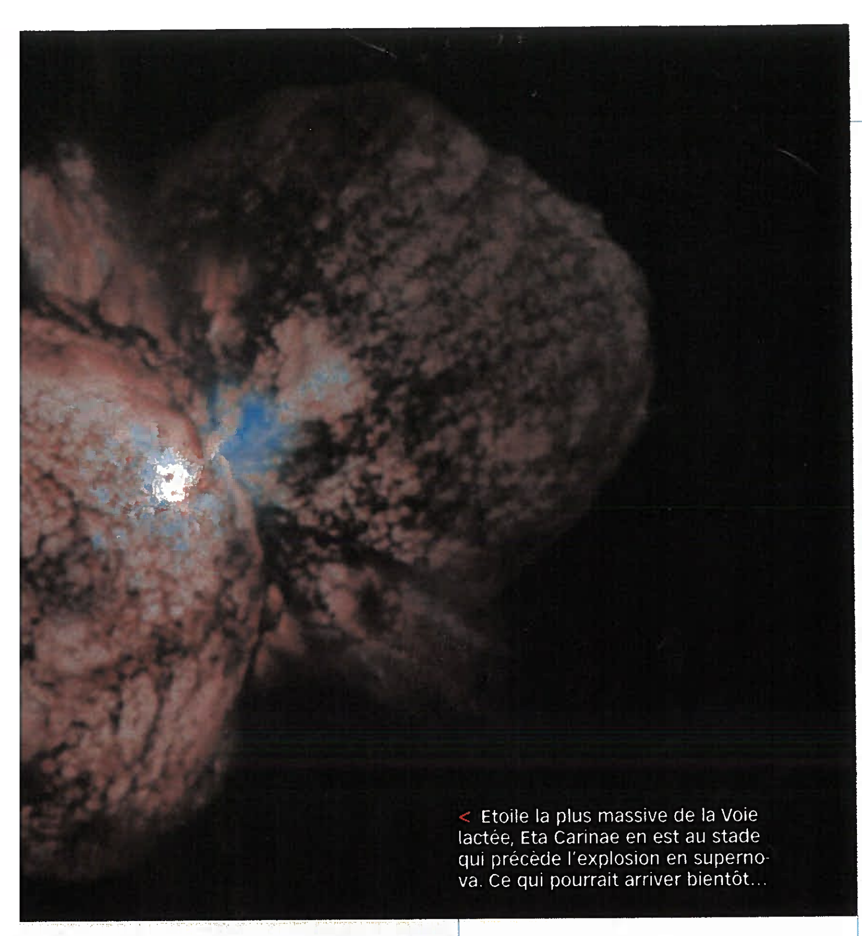
"CHANDRA" SÈME LE TROUBLE

Tout a commencé le 18 septembre 2006. C'est cette nuit-là, au Texas, qu'eut lieu la première détection de SN 2006gy au Mc Donald Observatory. Or, durant les semaines qui suivent, des observations complémentaires révèlent qu'il s'agit d'un phénomène inédit. Non seulement le pic de luminosité de SN 2006gy est 5 fois plus important que celui de la plus brillante des supernovae jamais observées ; mais cette luminosité se prolonge pendant plus de trois mois ! Une agonie qui ne colle à aucun scénario existant. Jusqu'ici, en effet, les astronomes retenaient deux scénarios pour décrire l'évolution dramatique des astres qui, parvenus à court de combustible nucléaire, meurent dans une gigantesque explosion. D'un côté, les étoiles qui ressemblent à notre Soleil : elles terminent leur vie avec leur cœur mis à nu – on parle alors de naine blanche –, puis explosent, telles des bombes thermonucléaires. Ce sont les supernovae les plus lumineuses. De l'autre, les étoiles "massives", c'est-à-dire dépassant 8 fois la masse du Soleil : après avoir cessé leurs réactions nucléaires et explosé, elles laissent derrière elles soit un trou noir qui engloutit la moindre particule de matière se trouvant dans leurs parages, soit une étoile à neutrons dont chaque centimètre cube pèse 1 milliard de tonnes ! D'où le cas incompréhensible de SN 2006gy, à la fois extrêmement lumineuse, comme les étoiles de faible masse, mais dont l'interminable agonie fait croire, au contraire, à une masse énorme.

Les astronomes vont d'abord pencher pour une variante de la première hypothèse : l'explosion d'une naine blanche aurait provoqué une gigantesque onde de choc qui serait venue heurter violemment, et donc chauffer, un nuage d'hydrogène très dense entourant l'étoile. Mais le télescope spatial *Chandra*, spécialisé dans le domaine des rayons X, va venir chambouler ce joli scénario. Car pour produire la quantité d'énergie néces-

Une luminosité et une durée exceptionnelles
Autant par sa durée que par le pic de sa luminosité, SN 2006gy s'avère la plus puissante des plus puissantes supernovae observées à ce jour. A noter que SN 2005gi et SN 2002ic semblent être du même type que SN 2006gy...





< Etoile la plus massive de la Voie lactée, Eta Carinae en est au stade qui précède l'explosion en supernova. Ce qui pourrait arriver bientôt…

E. JULLIEN - NASA/HST/J. MORSE (U.CO) & K. DAVIDSON (U.MN)

saire, SN 2006gy aurait dû émettre mille fois plus de rayons X que *Chandra* en a effectivement observés.

Sachant que c'est la décroissance radioactive du nickel qui est le principal responsable de l'hyperluminosité, les chercheurs vont alors s'appuyer sur la courbe de luminosité de SN 2006gy pour calculer qu'elle aurait produit l'équivalent, en nickel, de 22 fois la masse du Soleil. Soit de 20 à 50 fois plus que dans le cas de l'explosion d'une naine blanche. Une production qui implique que l'étoile ait une masse initiale d'environ 150 masses solaires !

Oui, mais s'il s'agit, contre toute attente, d'une étoile massive, comment expliquer que SN 2006gy n'ait pas laissé derrière elle un trou noir ou une étoile à neutrons ? L'équipe de Nathan Smith va alors ressortir une théorie élaborée il y a une quarantaine d'années, et qui fait intervenir… de l'antimatière ! "*Il s'agit d'un mécanisme différent des supernovae normales*, explique Nathan Smith. *Pour certaines étoiles très massives, on pense que la température du cœur est si élevée que leur rayonnement peut se dissiper en créant spontanément des paires particule-antiparticule – en l'occurrence un électron et son double d'antimatière, le positron. Quand la gravité de l'étoile devient plus forte que la pression exercée par son rayonnement, l'étoile s'effondre avant d'exploser. Le nickel radioactif contenu dans le cœur est alors expulsé au lieu d'être aspiré dans un trou noir…*"

Et si SN 2006gy était un nouveau type de supernova, à base d'antimatière ?

L'hypothèse est séduisante. Sauf que la prédominance du nickel pose un problème, comme le suggère Stéphane Blondin, chercheur au Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics : "*La synthèse de nickel radioactif requiert 5 milliards de degrés, température atteinte au cœur de l'étoile, et non à sa surface, d'où la luminosité est initialement émise. Il paraît donc difficile d'expliquer la forte luminosité initiale par la présence de nickel*". Retour à la case départ ? Nathan Smith pense que non : "*Ici, nous sommes en présence d'une explosion très énergétique, qui éjecte plus de nickel qu'une supernova normale car le cœur de l'étoile est agité, et ne s'effondre pas en trou noir. Ce mécanisme a théoriquement fait ses preuves, mais dans un univers jeune… La différence avec SN 2006gy, c'est que nous l'observons dans l'Univers actuel, c'est une surprise mais ce n'est pas impossible*".

UN COBAYE À PORTÉE DE MAIN

En clair, SN 2006gy serait un nouveau type de supernovae. A moins que la solution ne soit ailleurs… Pour l'heure, Stéphane Blondin se garde de trancher, préférant rejoindre Nathan Smith dans son attente de nouvelles mesures : "*Quoi qu'il en soit, cette supernova offre des perspectives de recherche très intéressantes d'un point de vue théorique et observationnel*".

De fait, l'étude de la mort des étoiles massives pourrait rebondir, avec un superbe cobaye à portée de main : dans notre galaxie même. Il s'agit d'Eta Carinae, une étoile de 120 masses solaires, à 7 500 années-lumière, et qui menace d'exploser en supernova d'un moment à l'autre (voir encadré). Mais ce n'est pas tout. Car si, comme le pensent les astronomes, l'Univers jeune était peuplé d'étoiles massives, "*alors elles doivent mourir de manière similaire à SN 2006gy*, s'enthousiasme Nathan Smith. *Nous pourrions donc observer leur formidable luminosité grâce au* James Webb Space Telescope (JWST) *qui prendra la succession de* Hubble *d'ici à une décennie*". Patientons donc jusqu'à la mise en service du *JWST*, et qui sait, d'ici là, Eta Carinae aura peut-être supplanté SN 2006gy… ▮

Le froid solaire arrive dans les maisons

Utiliser les rayons du soleil pour se chauffer l'hiver... et rester au frais l'été? C'est ce que promet le climatiseur solaire, bientôt disponible pour les particuliers. Une révolution verte...

Par Kheira Bettayeb



<Λ Des capteurs thermiques portent une solution saline à ébullition, séparant l'eau du sel. On joue ensuite sur l'attirance de l'eau pour le sel afin de créer un effet de pompe: l'eau s'évapore, fournissant du froid...

G.RIVIÈRE

Le soleil comme chauffe-eau ou chauffage, cela paraît logique. Mais comme climatiseur? Et pourtant, le froid solaire – bel oxymore – n'a rien d'une association impossible: ça marche! Mieux, en plus de rafraîchir en été, le climatiseur solaire se transforme en chaudière et chauffe-eau l'hiver. Un trois en un, donc, qui puise son énergie dans une source inépuisable. Rien qu'en France, plusieurs concepts et prototypes sont à l'étude. Certes, les quelques spécimens fonctionnels à ce jour sont destinés uniquement aux bâtiments de plus de 500 m². Mais l'équipement individuel pour maison et appartement est déjà dans les tuyaux: demain, on passera l'été au frais sans s'inquiéter de l'effet de serre (voir "Enjeux").

Imaginée simultanément à la fin des années 80 par différents cabinets d'ingénieurs énergéticiens, l'idée du climatiseur solaire repose sur le principe physique du réfrigérateur: le froid y est fourni *via* l'évaporation d'un liquide. Sachant que le passage de la phase liquide à la phase gazeuse réclame de l'énergie, empruntée dans le milieu ambiant sous forme de calories. Ce même principe est appliqué dans le climatiseur solaire, à cette différence que l'énergie nécessaire au fonctionnement du système est apportée sous forme de chaleur, et non d'électricité, fournie à un compres-





< ...Tel est le système de climatisation solaire mis en place, depuis 1991, par Tecsol, dans les caves de Banyuls (Pyrénées-Orientales). Depuis, la technologie a été adaptée à l'habitat individuel, et pourrait être commercialisée en 2010.

seur, comme avec le réfrigérateur. Une des techniques classiques (voir encadré p. 86) consiste par exemple à porter une solution saline à ébullition, de façon à séparer sel et eau. On joue ensuite de l'attirance irrésistible de l'eau pour le sel afin d'obtenir un effet de pompe et une dépression dans un récipient où l'eau s'évapore, fournissant le rafraîchissement recherché.

Ce principe simple et fiable, appliqué en France par le cabinet Tecsol pour rafraîchir depuis 1991 les caves viticoles de Banyuls (Pyrénées-Orientales), souffre cependant d'un défaut : deux étapes clés du circuit (la condensation de l'eau après ébullition, puis la recombinaison entre eau et sel) dégagent beaucoup de chaleur, qu'il faut évacuer vers l'extérieur au moyen d'une tour peu pratique.

Car outre son diamètre important (1 m^2 au sol), cette tour reconstitue un milieu humide et chaud favorable... à des bactéries dangereuses comme les légionelles ! Ainsi son utilisation est-elle encadrée par une réglementation stricte, qui impose des prélèvements et tests biologiques réguliers pour éviter tout développement bactérien. Or, un tel suivi serait trop lourd pour un particulier.

SUR LE MARCHÉ DANS 3 À 5 ANS

Aussi, l'enjeu majeur de la recherche sur la climatisation solaire individuelle est de développer un procédé pour remplacer l'encombrante tour. La solution ? "*Utiliser un système sec, appelé drycooler, où l'eau venant de la machine de climatisation circule dans un tube fermé et est refroidie simplement par de l'air extérieur pulsé par des ventilateurs ; comme* →

> ENJEUX

Tout le monde s'y attend : avec le réchauffement climatique, les étés caniculaires vont devenir fréquents. Et chaque été, le souvenir du dramatique août 2003 fait craindre le pire... Pour parer à un éventuel "coup de chaud", de plus en plus de particuliers s'équipent d'un climatiseur, dont les ventes progressent d'environ 4 % par an. Le hic, c'est que les climatiseurs traditionnels utilisent un fluide frigorigène (un hydrocarbure) 1 300 fois plus générateur d'effet de serre que le CO_2 ! De plus, ces machines sont particulièrement gourmandes en électricité : il faut près de 1 kWh rien que pour les plus petits d'entre eux.

COMMENT FAIRE DU FROID AVEC DU CHAUD ?

Installés sur le toit, des capteurs thermiques (formés de tuyaux en verre peints en noir où circule de l'eau) récupèrent la chaleur du soleil pour la machine de climatisation. Celle-ci renferme un mélange frigorigène non polluant : une solution d'eau et de sel (bromure de lithium). Premier temps : eau et sel sont séparés grâce à l'apport de chaleur dans un bouilleur. La vapeur d'eau est récupérée et liquéfiée dans un condenseur tandis que le sel est dirigé vers un troisième compartiment, l'absorbeur, où il se recombine avec l'eau. L'astuce ? Intercaler un quatrième compartiment, l'évaporateur, entre condenseur et absorbeur où l'attirance irrésistible de l'eau pour le sel engendre une chute de pression : l'eau s'évapore ainsi en empruntant des calories à un circuit d'eau indépendant à 7-8 °C, qui va rafraîchir l'air du bâtiment. Ce système possède deux variantes principales. La première, simple mais relativement encombrante, consiste à remplacer la solution saline par un solide dit "adsorbant" (silica-gel, par exemple). Dans une deuxième variante, dite "à dessiccation", ce même adsorbant est utilisé pour sécher de l'air chaud. Refroidi par échange avec l'air sortant, cet air est ensuite rafraîchi et réhumidifié en y vaporisant de l'eau. L'avantage ? Pas de tour de refroidissement. Mais avec l'exigence d'une surveillance bactérienne accrue...

→ *il n'y a aucun contact direct entre l'eau et l'air, il n'y a aucun risque de développement dangereux de bactéries"*, explique Daniel Mugnier, ingénieur chez Tecsol. Pour tester l'efficacité de ce système, Tecsol vient d'en équiper une maison de retraite de 200 m² à Maclas (Loire). L'appareil y est relié à une machine de climatisation solaire développée par la société allemande SonnenKlima, d'une puissance adaptée aux grands habitats particuliers de 200 à 500 m² : 10 kilowatts seulement, alors que celle des caves de Banyuls est d'une cinquantaine de kilowatts. "*Pendant deux ans, cette installation va nous permettre d'évaluer la consommation d'électricité par les ventilateurs, ainsi que la satisfaction des clients concernant le confort perçu*", précise Daniel Mugnier. Le concept de drycooler doit également être testé sur 100 m² à l'Institut national de l'énergie solaire (Ines), au Bourget-du-Lac, avec une machine de climatisation de 4,5 kW. Si ces travaux se révèlent positifs, les premiers climatiseurs domestiques à drycooler seront sur le marché dans 3 à 5 ans...

Reste que le drycooler n'est pas adapté aux régions chaudes où la climatisation est la plus demandée, comme le Sud de la France. Et pour cause, puisque c'est l'air ambiant qui est chargé d'assurer le refroidissement. Conséquence : le climatiseur est inefficace dès que la température dépasse 30 °C... Mais, là encore, il existe des solutions, comme celle qui sera étudiée à partir de septembre par l'équipe du physicien Régis Olivès au laboratoire "Procédés, matériaux, énergie solaire" (CNRS, université de Perpignan), dans le cadre du projet national Solaclim. L'idée ? Un système hybride constitué d'un drycooler à ventilateur fonctionnant pour les températures inférieures à 30 °C, puis aidé, au-delà, en faisant passer le circuit d'eau de refroidissement dans une enceinte garnie de matériaux dits "à changement de phase".

Notre consommation d'électricité annuelle pourrait être divisée par 20

Ces matériaux, en passant de l'état solide à l'état liquide, absorbent cinq fois plus de chaleur ambiante que l'eau passant de liquide à vapeur. Concrètement, ils capteraient la chaleur "pompée" à l'intérieur de l'habitat le jour, et la largueraient dans l'environnement la nuit, quand l'air extérieur se rafraîchit. Ce qui leur permettrait de repasser à l'état solide, prêts à redémarrer un nouveau cycle. Mais pour l'heure, il s'agit encore de définir la nature de ces matériaux : "*Il pourra s'agir de paraffine ou de solution saline enfermées dans des microcapsules, de quelques dizaines de micromètres à quelques dizaines de centimètres de diamètre ; ou noyées dans un matériau de type mousse*", précise Régis Olivès. Ces travaux devraient se terminer en 2010, avec une commercialisation dans la foulée.

VERS UNE CONSCIENCE "VERTE"

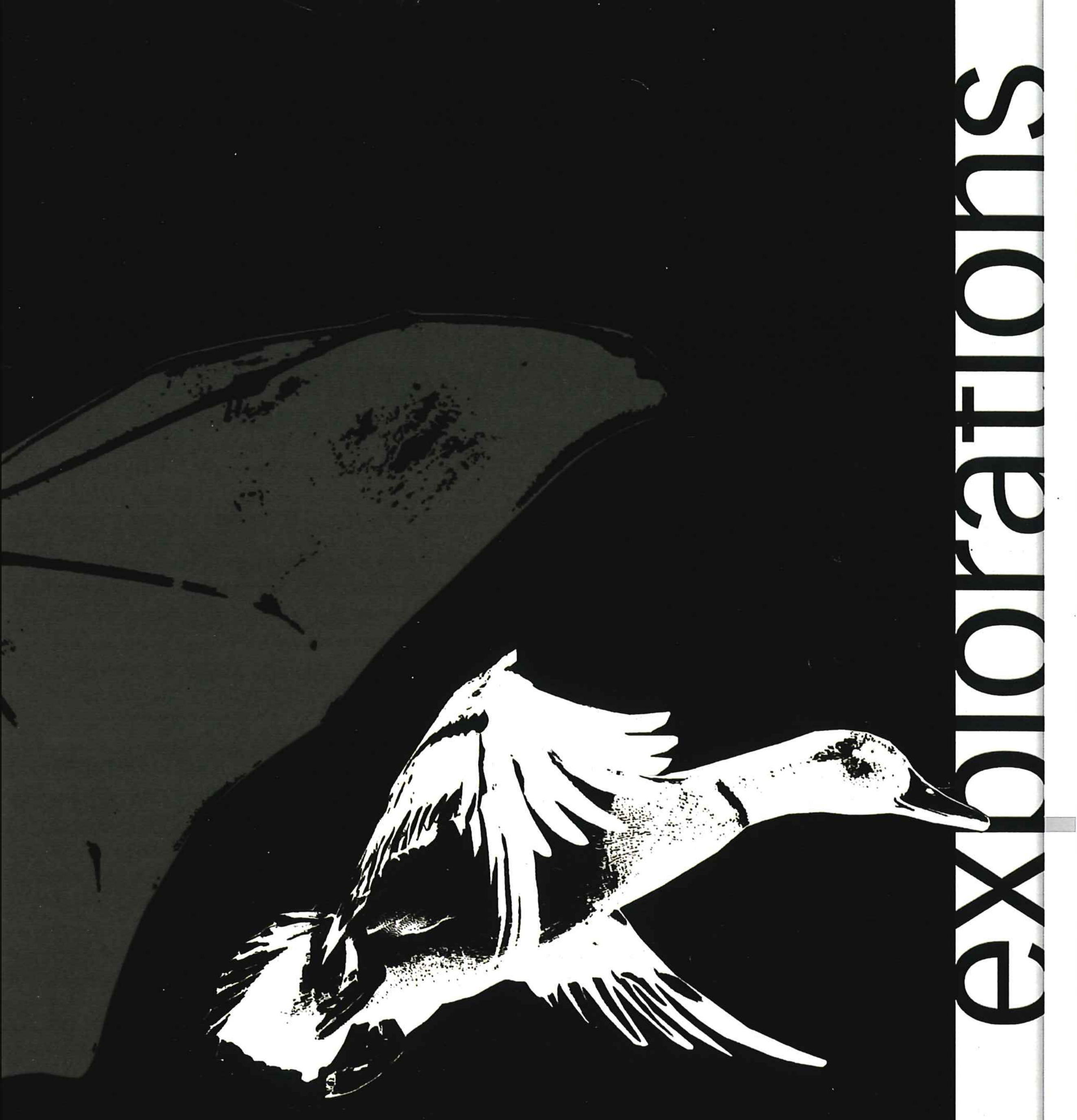
Vu l'investissement conséquent que représenteront les premiers appareils (de 20 000 à 30 000 euros pour 10 kW), les premiers climatiseurs de ce type seront d'abord réservés à l'habitat collectif et aux villas. Mais les défenseurs de cette solution comptent sur les encouragements publics (du type crédit d'impôt) et sur une consommation électrique divisée par 20 (l'électricité n'est en effet nécessaire que pour entraîner les pompes faisant circuler le fluide frigorigène). Pour Hans-Martin Henning, physicien allemand à l'Institut Fraunhofer pour les systèmes à énergie solaire et pape de la climatisation "verte", "*la demande est là. Et dans le futur, avec la croissance de la conscience environnementaliste, les gens s'intéresseront de plus en plus à cette technologie, ce qui fera chuter le prix de production*". Ainsi, avant dix ans chacun pourrait rafraîchir son intérieur... grâce au soleil. ▮

DRÔLES *de* BÊTES



E. SODER/JACANA/EYEDEA - J. MCDONALD/CORBIS - R. WITTEK/EYEDEA

Par Etienne Hurault et Boris Bellanger



explorations

En retrouvant, via les **progrès de l'imagerie**, *les vertus de* **l'observation**, *les biologistes découvrent aujourd'hui des* **aspects insoupçonnés** *du* **monde animal** *qui mettent en lumière des* **mécanismes évolutifs** *surprenants. Visite guidée d'un* **bestiaire** *véritablement…* **fantastique**.

1

GRÂCE À L'APPORT TECHNOLOGIQUE, L'OBSERVATION DU MONDE ANIMAL CONNAÎT UN VRAI SECOND SOUFFLE

La scène ne dure que quatre secondes : la taupe déboule d'un tunnel en plastique dans un bac rempli d'eau, furète à droite et à gauche, et repart aussi vite qu'elle est venue. C'est tout ce que l'œil commun aura pu distinguer. A *priori*, pas de quoi disserter sur l'adaptation de la taupe en milieu aquatique... Mais le zoologiste patient, lui, y découvrira bien plus : en réalité, pendant ce court laps de temps, l'animal a "reniflé" sous l'eau une vingtaine de fois. Il suffit de visionner au ralenti la séquence, filmée avec une caméra ultrarapide. Voilà comment le chercheur apprend que la taupe *Condylura cristata* est capable de "sentir" sous l'eau. Cette découverte date de décembre dernier. Et ce n'est pas la seule du même genre : chaque mois, des comportements d'animaux, tous plus étonnants les uns que les autres, sont révélés par les biologistes. Du calmar qui peut "flasher" ses proies, à la chauve-souris à langue géante, en passant par le serpent qui a plus de dents à droite qu'à gauche ! De quoi nous apprendre encore et toujours à mieux connaître les mécanismes évolutifs, à recenser la biodiversité, à faire progresser la science du comportement, et même parfois à s'inspirer du vivant à des fins technologiques.

Les grands naturalistes du XVIIIe siècle auraient-ils retrouvé une descendance, noyée dans la cohorte des biologistes moléculaires, biologistes cellulaires, et autres généticiens à la pointe de leur discipline ? "*L'observation est un savoir qui se perd car il a été dévalorisé*, regrette Françoise Gaill, biologiste spécialisée dans les milieux extrêmes au CNRS. *Cela nécessite de prendre son temps, ce qui n'est pas à la mode*". Pour autant, Hervé Le Guyader, directeur du laboratoire "systématique, adaptation, évolution" de l'université Pierre-et-Marie-Curie, estime qu'"*il y a un vrai regain de cette manière de faire de la biologie. Cela vient en partie du constat, établi au milieu des années 90, que la biodiversité est bien plus vaste que ce que l'on pensait. Mais aussi des apports technologiques : on bénéficie maintenant des progrès de l'imagerie pour observer des petits animaux insoupçonnés (collemboles, crustacés, arachnides...). Il en va de même pour les gros animaux, bien connus, mais difficiles d'approche, et sur lesquels on place maintenant des capteurs*".

"IL FAUT AVANT TOUT GARDER SON ŒIL D'ENFANT"

L'apport de la technologie dans l'observation scientifique n'est toutefois pas une caractéristique propre à la biologie du XXIe siècle. "*Si on fait le parallèle avec les grandes expéditions maritimes du XVIIIe siècle, comme celles menées par Cook, Bougainville ou La Pérouse, avec leurs naturalistes embarqués à bord, on se rend compte qu'ils étaient partis avec les moyens les plus modernes de la biologie et de la technique de l'époque !*", note le chercheur. La montre et le sextant, qui fut inventé seulement en 1730, étaient les GPS d'alors ! D'une certaine manière, le talent des chercheurs est de savoir aller chercher les moyens mis en œuvre par leurs collègues physiciens ou chimistes et de les adapter à la biologie. "*Si cela aboutit en général à de simples images, on oublie souvent la sophistication du matériel et toute l'histoire scientifique qu'il y a derrière*", estime Hervé Le Guyader. Cependant, la technique seule ne suffit pas. Car, s'il est désormais plus aisé d'accéder à des images inédites, de plonger dans l'intimité des relations entre les organismes et leur environnement, il faut encore savoir les décrypter et en tirer des conclusions scientifiques. Une démarche "idéale" en deux temps que prône Hervé Le Guyader : "*Il faut avoir gardé son 'œil d'enfant', qui permet de s'arrêter, et de s'émerveiller sur l'image. Ensuite, on cherche à comprendre, avec l'œil du scientifique, en abandonnant l'émerveillement de départ*". **B.B.**

DÉCOUVERTE EN MAI 2007

LA CANE QUI SE PROTÈGE INTIMEMENT CONTRE LE VIOL



^Chez le canard arlequin, le mâle a un petit phallus, et il ne viole pas la femelle : le vagin de celle-ci est "normal".



^ Le mâle *Clangula hyemalis*, lui, possède un long phallus et force la femelle... qui possède un vagin en tire-bouchon pour empêcher la fertilisation.

Chez certaines espèces d'oies et de canards, les viols sur des femelles par des mâles autres que leurs partenaires sont monnaie courante. Bien sûr, les femelles se débattent pour se défendre. Mais elles disposent aussi d'un moyen physiologique pour pénaliser les violeurs ! C'est Patricia Brennan, de l'université Yale (Etats-Unis), qui a disséqué 16 espèces de canes et d'oies pour examiner leurs organes génitaux. La chercheuse était intriguée par les variations importantes de morphologie des phallus chez les mâles anatidés (dont font partie oies et canards), qui semblaient corrélées à la fréquence des viols. Résultat : les femelles des espèces violées ont des vagins... en tire-bouchon ! Ils sont en effet spiralés, et ce dans le sens inverse de celui des phallus. Ils comportent en outre de multiples conduits en cul-de-sac. Autant de barrières anatomiques qui limitent la fertilisation si la femelle n'est pas consentante. D'après les scientifiques, plus le mâle a un long phallus et plus la fréquence des viols est importante, plus l'organe génital femelle sera complexe. Une véritable course évolutive se joue donc entre les deux sexes ! E.H.

P. BRENNAN, YALE UNIV. - R.WITTEK/EYEDEA

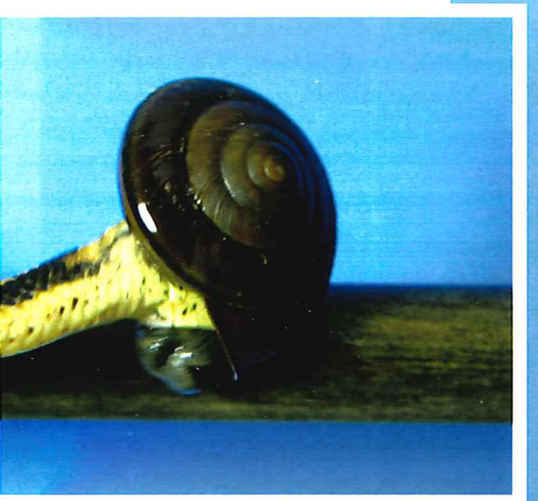




DÉCOUVERTE EN DÉCEMBRE 2006

LA CHAUVE-SOURIS À LA LANGUE SUPER PENDUE

Quel animal peut atteindre le nectar de *Centropogon nigricans* dont la corolle tubulaire dépasse 8 cm de long ? Réponse : *Anoura fistulata*, une petite chauve-souris dotée d'une langue aussi longue que la fleur, soit... d'une fois et demie la longueur de son corps ! Il y a encore deux ans, cette espèce de chiroptère était inconnue. C'est Nathan Muchhala, biologiste à l'université de Miami (Etats-Unis) qui, en étudiant la pollinisation des plantes dans les forêts humides d'Equateur, l'identifia pour la première fois. La langue du mammifère l'intrigua immédiatement, et un an plus tard, il découvrait son exceptionnelle longueur : entre 8 et 9 cm, contre 4 pour celle de deux autres espèces de chauves-souris amatrices de nectar. Après le caméléon, c'est donc le vertébré qui a développé la plus longue langue ! Celle-ci ne s'arrête pas à la base de la cavité buccale, comme chez tout mammifère, mais descend jusque dans la cage thoracique. De quoi permettre à *A. fistulata* de se délecter du nectar des fleurs particulièrement profondes. **E.H.**



∨< Sa mâchoire inférieure droite possède plus de dents, ce qui lui permet d'extraire facilement le corps des escargots, dont la coquille est, justement, souvent dextre.



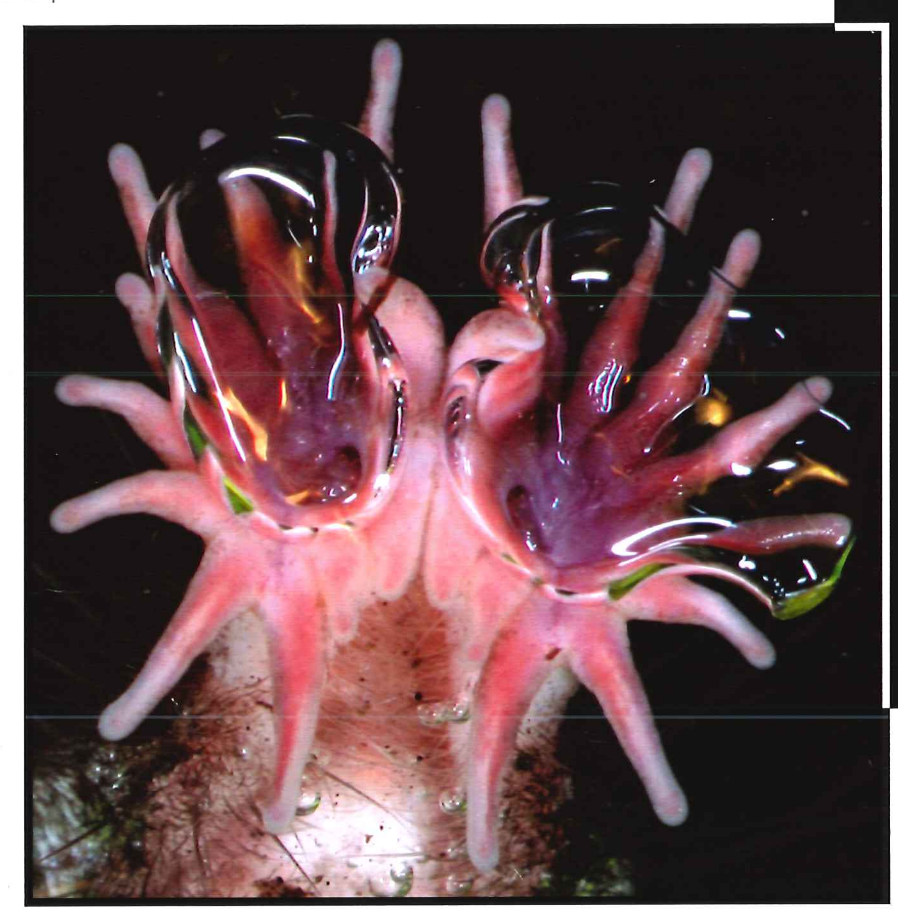
∧< La langue de cette petite chauve-souris fait une fois et demie la longueur de son corps ! Ainsi, elle peut atteindre le nectar niché au fond de longues corolles tubulaires.

N. MUCHMALA, UNIV. OF MIAMI, FLORIDA - M.HOSO, KYOTO UNIV.

DÉCOUVERTE EN FÉVRIER 2007

LE SERPENT GOURMET À MÂCHOIRE ASYMÉTRIQUE

Au Japon, des serpents amateurs d'escargots de la sous-famille des pareatinés ont davantage de dents sur la mâchoire inférieure droite que sur la gauche. Pourquoi ? Parce que cette asymétrie facilite l'extraction du corps mou des gastéropodes, dont la majorité des espèces est dextre : leur coquille s'enroule dans le sens des aiguilles d'une montre en partant du centre. Cette découverte, les chercheurs la doivent à la curiosité de Masaki Hoso, alors étudiant à l'université de Kyoto. Sachant que quelques gastéropodes sénestres vivaient sur le territoire de ces serpents, il s'est demandé s'ils n'avaient pas ainsi évolué parce que leurs prédateurs préfèrent les escargots dextres. Le biologiste finit par déceler une asymétrie au niveau de la dentition du serpent *Pareas iwasakii*. Puis il montra que les 11 autres espèces amatrices d'escargots étudiées ne comptent qu'entre 14 et 23 dents sur leur mâchoire inférieure gauche contre de 19 à 33 sur leur droite. Pour ces prédateurs, incapables d'écraser la coquille de leur proie, c'est un sérieux avantage. L'observation montre qu'ils échouent bien plus fréquemment à tirer hors de leur coquille les escargots "gauchers". Du point de vue de la prédation, ces derniers jouissent clairement d'un avantage sélectif ! **E.H.**





^< Le condylure étoilé émet des bulles d'air par le museau pour capturer les molécules odorantes !



DÉCOUVERTE EN MAI 2007

LE PAPILLON DE NUIT MAITRE DE L'IMITATION

Quand une chauve-souris approche pour le manger, le papillon de nuit *Euchaetes egle* reproduit le son habituellement émis par une autre espèce de papillons, non comestible celle-ci ! Une stratégie payante pour éloigner les prédateurs, et qui est le premier cas de mimétisme acoustique scientifiquement décrit. Jesse Barber et William Conner, de l'université Wake-Forest en Caroline du Nord (Etats-Unis) ont eu l'idée d'étudier ce comportement grâce aux travaux de leur collègue Nick Hristov. Celui-ci avait montré que les chauves-souris n'évitaient les papillons nocturnes non comestibles que lorsqu'ils produisaient un signal sonore en réponse aux ultrasons que les mammifères émettent pour se diriger. La question se posait donc de l'existence d'un mimétisme de cette technique de mise en garde, qui aurait pu être bénéfique à d'autres papillons. Ce que confirmèrent les chercheurs : quelques nuits suffisent aux prédateurs à associer l'avertissement sonore au mauvais goût des papillons, et ainsi à les éviter. Et les chauves-souris évitent également *E. egle*, introduit secondairement, quand il imite les papillons non comestibles ! En revanche, si on enlève à *E. egle* ses organes producteurs de sons, il redevient une proie. Preuve que son mimétisme acoustique est dissuasif. **E.H.**



DÉCOUVERTE EN DÉCEMBRE 2007

LA TAUPE QUI DÉTECTE LES ODEURS… SOUS L'EAU

Une fois sous l'eau, les espèces terrestres ne peuvent plus compter sur l'olfaction pour dénicher de la nourriture. Sauf… pour deux mammifères semi-aquatiques qui, en expirant et ré-inhalant rapidement des bulles d'air près d'objets immergés, arrivent à sentir leur odeur ! C'est Kenneth Catania, de l'université Vanderbilt de Nashville (Etats-Unis), qui, en étudiant la sensibilité tactile des tentacules du museau du condylure étoilé en immersion, remarqua que l'animal émettait de l'air qu'il aspirait aussitôt. D'où l'expérience suivante : dans un bassin, la taupe devait sentir une piste d'odeur déposée aléatoirement sur un des deux chemins conduisant à de la nourriture, le fond étant tapissé d'une grille pour empêcher tout contact avec la piste. Dans 85 % des cas, les individus suivaient la piste pour atteindre la récompense. En absence d'odeur, les taupes s'en remettaient au hasard. Même résultat avec une musaraigne lacustre. Les bulles d'air expirées permettent donc de capturer les molécules odorantes d'un objet et de la ramener aux narines. **E.H.**

< ^ Pour éloigner la chauve-souris, ce papillon de nuit imite le son d'un papillon non comestible !

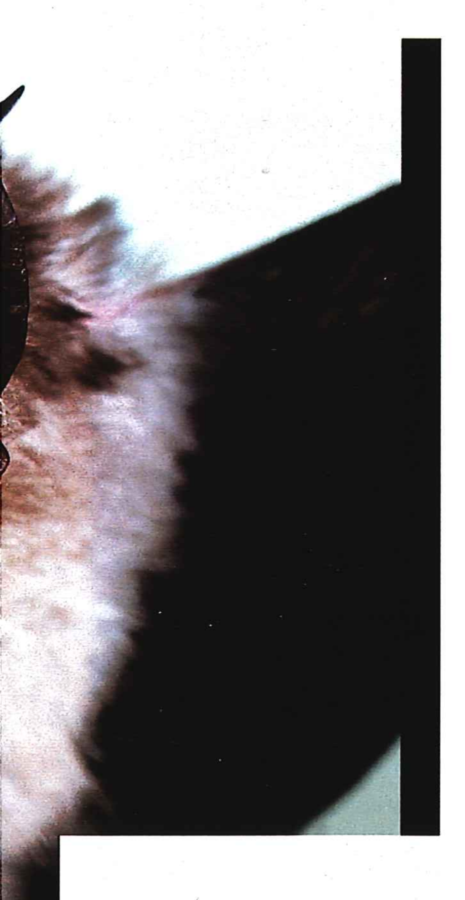


v Chez les chauves-souris rhinolophidés, le nez est doté de sillons qui amplifient et orientent les ultrasons.

DÉCOUVERTE EN NOVEMBRE 2006

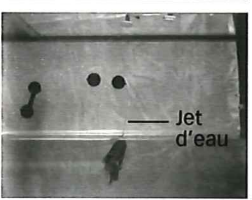
LES CHAUVES-SOURIS AUX RIDES ACOUSTIQUES

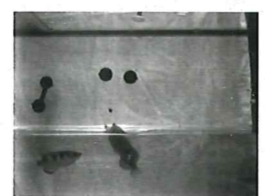
Un "fer à cheval" renversé à la base, une "selle" au centre et une "lancette" au sommet... Les formes variées que prennent les excroissances du nez des chauves-souris rhinolophidés en font un appendice des plus originaux... soupçonné de jouer un rôle dans l'émission des ultrasons. Un soupçon que vient de confirmer le physicien informatique Rolf Müller, de l'université de Shandong à Jinan (Chine), spécialisé dans les bio-sonars comme modèle pour les technologies de détection ou de communication. Ses récents travaux, réalisés avec le doctorant Qiao Zhuang, ont précisément déterminé leur fonction chez *Rhinolophus rouxi*. Les sillons de la lancette qui coiffe le bout de son nez agissent en fait comme une caisse de résonance modelant le faisceau d'ondes émis ! Pour le vérifier, les scientifiques ont modélisé en trois dimensions la face de l'animal et observé son effet acoustique sur l'émission des ultrasons. Les résultats montrent clairement que les rides de la lancette amplifient ces derniers de 25 % pour la fréquence de 60 kHz, fréquence largement utilisée par cette chauve-souris. Elles jouent également un rôle dans la directivité du bio-sonar en orientant les faisceaux d'ultrasons vers le haut. Forts de leurs conclusions, les chercheurs ont décidé d'étudier les effets des étranges formes du nez, mais aussi des oreilles, d'une centaine de rhinolophidés supplémentaires. **E.H.**

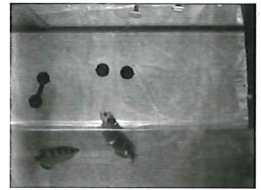


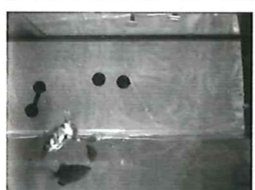


∨ ∧ Le poisson archer adapte la puissance du jet d'eau à la taille de sa proie, afin de ne pas gaspiller son énergie.









R. MUELLER, SHANDONG UNIV., JINAN - F.GREENAWAY/CORBIS - V. RUNKEL, S. SCHUSTER, UNIV. OF ERLANGEN - T. SCHLEGEL

DÉCOUVERTE EN OCTOBRE 2006

LE POISSON QUI SAIT L'ART DU CRACHAT

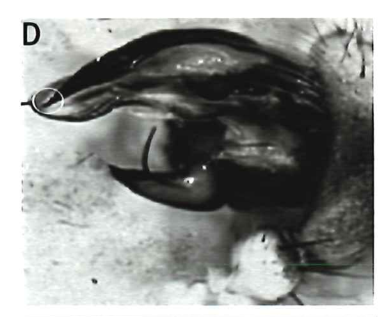
Le poisson archer a une technique imparable pour chasser. Il crache un puissant jet depuis la surface de l'eau pour déloger sa proie (un insecte, par exemple) de son perchoir, la faire tomber et la gober. Mieux encore : Stefan Schuster et ses collègues de l'université d'Erlangen-Nuremberg viennent de découvrir que le poisson calcule la quantité d'eau suffisante pour faire vaciller sa cible ! Fasciné par les performances de ce fin tireur, le biologiste s'interrogeait sur le coût énergétique de cette technique, que certains poissons archers délaissent au profit du saut. D'où l'expérience suivante : pour diverses proies (lézard, araignée, mouche...), les chercheurs ont recueilli la quantité d'eau crachée à chaque tir, et filmé la scène avec une caméra à grande vitesse (5 000 images par seconde). Surprise ! Au lieu de cracher un jet puissant quelle que soit la nature de sa proie, le poisson ajuste la quantité d'eau qu'il doit projeter à la taille de sa cible. La force d'adhésion d'un animal étant proportionnelle à sa taille, pourquoi gaspiller de l'énergie à cracher plus d'eau que nécessaire ? Afin d'assurer son coup, le poisson mène son attaque avec une force qui n'est jamais plus de 10 fois supérieure à la force de cramponnement de l'animal. **E.H.**

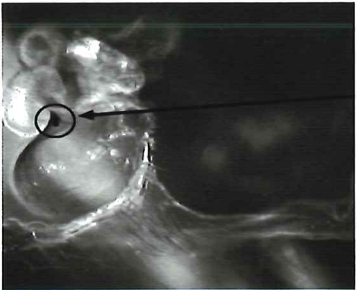
DÉCOUVERTE EN SEPTEMBRE 2006

L'ARAIGNÉE ADEPTE DE LA CEINTURE DE CHASTETÉ

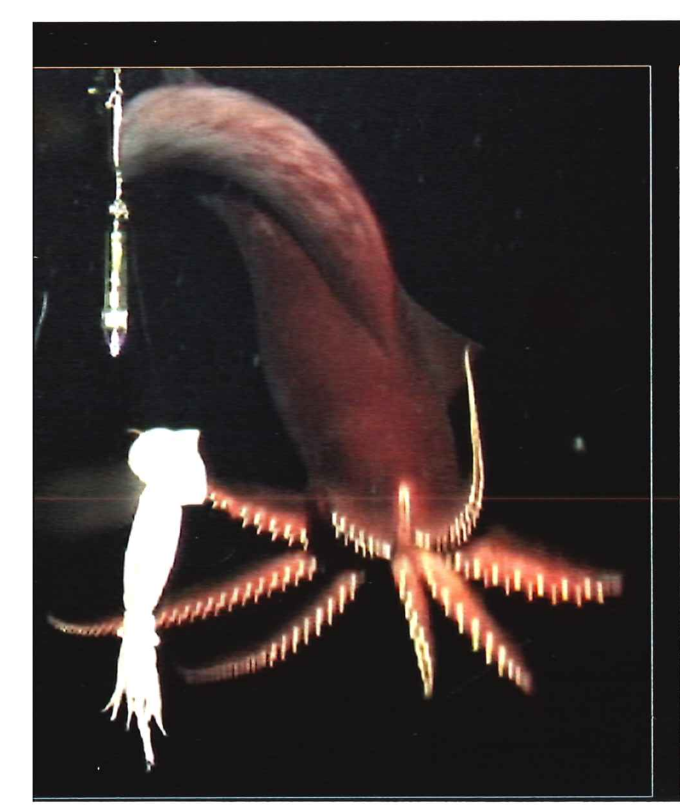
T. KUBODERA, NATIONAL SCIENCE MUSEUM, TOKYO - OXFORD JOURNAL - E. SODER/JACANA/EYEDEA

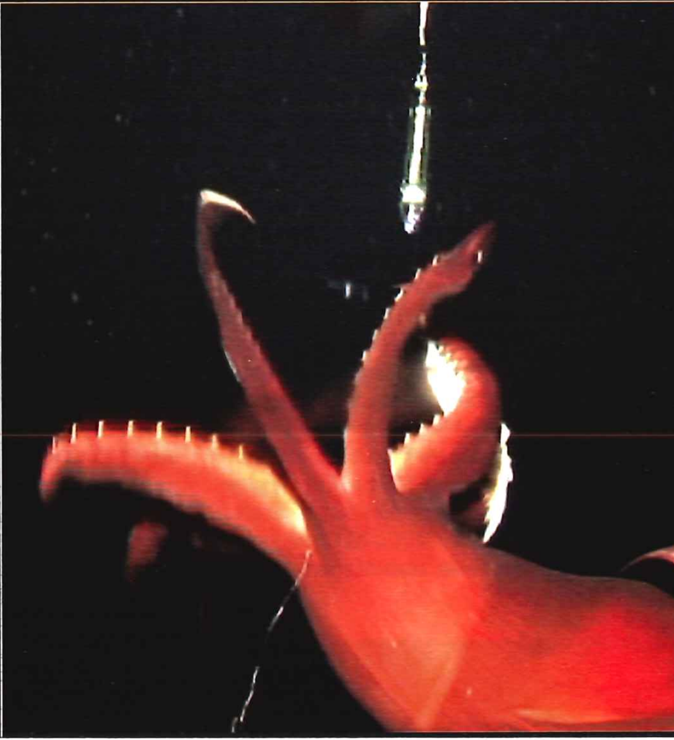
Pour empêcher au maximum l'accouplement d'autres mâles avec sa partenaire, le mâle de l'épeire fasciée obstrue son orifice génital. Comment ? En y laissant le bout de son appareil copulateur ! Chez certaines espèces d'araignée, comme l'épeire fasciée *Argiope bruennichi*, la femelle tente de dévorer son partenaire dès le début de l'accouplement. C'est en étudiant ce cannibalisme sexuel que Gabriele Uhl et Jutta Schneider, des universités de Bonn et d'Hambourg se sont demandé pourquoi, quand le mâle parvient à se sauver après le rapport sexuel, il laisse souvent l'extrémité de son appendice reproducteur, le pédipalpe, dans l'orifice génital de la femelle. Un comportement intriguant car une fois atrophié, le pédipalpe n'est plus fonctionnel, or l'araignée n'en a que deux ! Deux explications possibles : soit cela facilite la fuite du mâle, soit il lui permet d'assurer sa paternité en empêchant d'autres accouplements de la femelle. Lors d'expérimentations, les scientifiques ont démontré que cette mutilation avait peu d'effet sur la survie du mâle. En revanche, cela gêne considérablement les accouplements suivants. Lorsque l'orifice génital est ainsi bouché, le rapport sexuel ne dure que 8 secondes, contre plus du double d'ordinaire. Une limitation de durée pénalisante pour assurer le succès reproducteur. **E.H.**

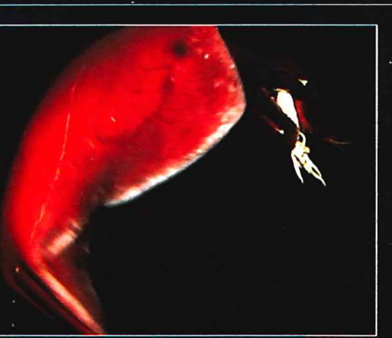




^ Après l'accouplement, l'extrémité de l'organe sexuel mâle (en haut, cercle), qui s'est détaché, vient obstruer celui de la femelle (en bas).









<∧**Juste avant de fondre sur sa proie, *Taningia danae* émet un flash lumineux, afin de l'aveugler et d'évaluer la distance.**

DÉCOUVERTE EN JANVIER 2007

LE CALMAR GÉANT QUI "FLASHE" SES PROIES

L'extrême discrétion des calmars géants a contribué à leur coller une image d'animaux lents. Mais les dernières vidéos de Tsunemi Kubodera, du Musée national des sciences de Tokyo, prouvent le contraire. Virevoltant énergiquement, ce sont des prédateurs actifs, parfois même capables d'éblouir leurs victimes avant de les attraper ! Le biologiste, aidé de Kyoichi Mori, de l'Association d'observation des baleines d'Ogasawara, et d'une caméra à haute-définition plongée entre 240 et 940 m, a pu filmer *Taningia danae*. Première observation : l'animal ne se sert pas de ses huit bras pour se propulser mais de ses deux nageoires triangulaires, à la manière des raies, et peut ainsi nager en avant comme en arrière, parfois même jusqu'à 9 km/h. Mais là où *T. danae* a bluffé les scientifiques, c'est en émettant un flash lumineux juste avant de fondre sur sa proie, les huit tentacules déployés. Un éclair d'une seconde et demie qui aveuglerait sa victime tout en lui permettant de mieux évaluer sa distance. **E.H.**

Voyager dans le cosmos sans quasiment emporter de **carburant** *: ce rêve est en train de devenir* **réalité**... *grâce à des* **chimistes** *! Car à partir d'une de leurs théories offrant* **d'étranges similitudes** *avec la trajectoire d'une* **comète**, *voilà que s'est accéléré le projet de cartographier les* **courants gravitationnels** *qui sillonnent l'espace. Dès lors, une sonde peut emprunter ces "***autoroutes célestes***", simplement en se laissant dériver. Révolutionnaire !*

AUTOROUTES

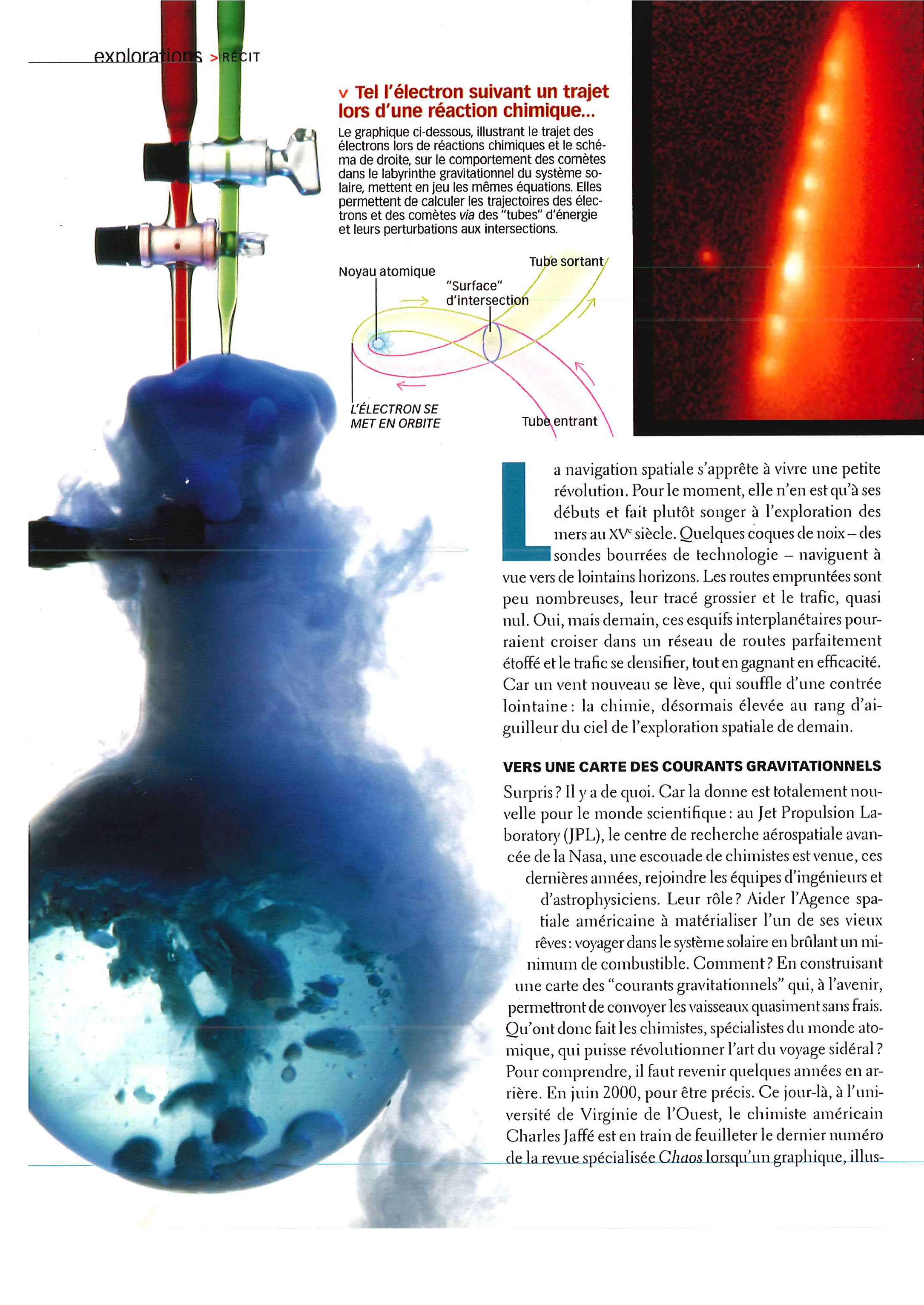
Le fabuleux coup de pouce des chimistes

explorations

2

CÉLESTES

C. KOENIG/JPL-NASA



v Tel l'électron suivant un trajet lors d'une réaction chimique...

Le graphique ci-dessous, illustrant le trajet des électrons lors de réactions chimiques et le schéma de droite, sur le comportement des comètes dans le labyrinthe gravitationnel du système solaire, mettent en jeu les mêmes équations. Elles permettent de calculer les trajectoires des électrons et des comètes *via* des "tubes" d'énergie et leurs perturbations aux intersections.

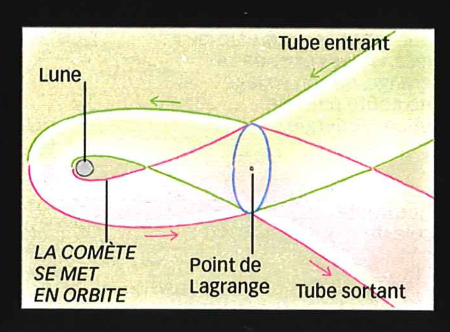
La navigation spatiale s'apprête à vivre une petite révolution. Pour le moment, elle n'en est qu'à ses débuts et fait plutôt songer à l'exploration des mers au XVe siècle. Quelques coques de noix – des sondes bourrées de technologie – naviguent à vue vers de lointains horizons. Les routes empruntées sont peu nombreuses, leur tracé grossier et le trafic, quasi nul. Oui, mais demain, ces esquifs interplanétaires pourraient croiser dans un réseau de routes parfaitement étoffé et le trafic se densifier, tout en gagnant en efficacité. Car un vent nouveau se lève, qui souffle d'une contrée lointaine : la chimie, désormais élevée au rang d'aiguilleur du ciel de l'exploration spatiale de demain.

VERS UNE CARTE DES COURANTS GRAVITATIONNELS

Surpris ? Il y a de quoi. Car la donne est totalement nouvelle pour le monde scientifique : au Jet Propulsion Laboratory (JPL), le centre de recherche aérospatiale avancée de la Nasa, une escouade de chimistes est venue, ces dernières années, rejoindre les équipes d'ingénieurs et d'astrophysiciens. Leur rôle ? Aider l'Agence spatiale américaine à matérialiser l'un de ses vieux rêves : voyager dans le système solaire en brûlant un minimum de combustible. Comment ? En construisant une carte des "courants gravitationnels" qui, à l'avenir, permettront de convoyer les vaisseaux quasiment sans frais. Qu'ont donc fait les chimistes, spécialistes du monde atomique, qui puisse révolutionner l'art du voyage sidéral ? Pour comprendre, il faut revenir quelques années en arrière. En juin 2000, pour être précis. Ce jour-là, à l'université de Virginie de l'Ouest, le chimiste américain Charles Jaffé est en train de feuilleter le dernier numéro de la revue spécialisée *Chaos* lorsqu'un graphique, illus-

< v …La comète suit un plan de vol dans l'espace gravitationnel

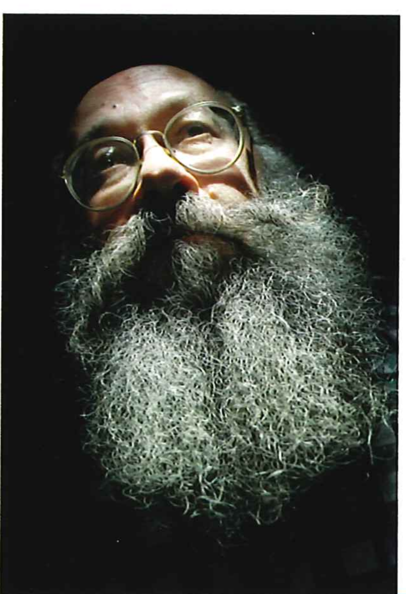
Le comportement dans l'espace de la comète Oterma est modélisable (ci-dessous) et analogue à celui des particules élémentaires. Un corps céleste suit en effet une trajectoire précise, telle la comète Shoemaker-Lévy s'écrasant sur Jupiter, le 16 juillet 1994 (ci-contre).



trant un article d'astronomie, le fait sursauter : on dirait un schéma issu de ses propres travaux, publiés quelques mois plus tôt, en novembre 1999, dans une revue de physique ! Que fait donc son schéma dans un tel article ? "*Après avoir lu la légende de la figure, j'ai compris que je me trompais : il s'agissait en fait du schéma de la trajectoire d'une comète,*" relate le chimiste. Plus exactement, ce schéma décrit les mouvements de la comète Oterma (voir schéma ci-dessus). Publié par Jerrold Marsden, Shane Ross et Martin Lo, trois astrophysiciens travaillant au California Institute of Technology (Caltech) et au JPL de la Nasa, il montre comment la trajectoire de cette comète, en apparence très chaotique au voisinage de Jupiter – et donc difficilement calculable –, peut en fait être très simplement interprétée à l'aide d'un modèle qu'ils sont en train de développer : les "autoroutes célestes". Un modèle qui, une fois finalisé, pourrait faire économiser leur précieux carburant aux sondes spatiales.

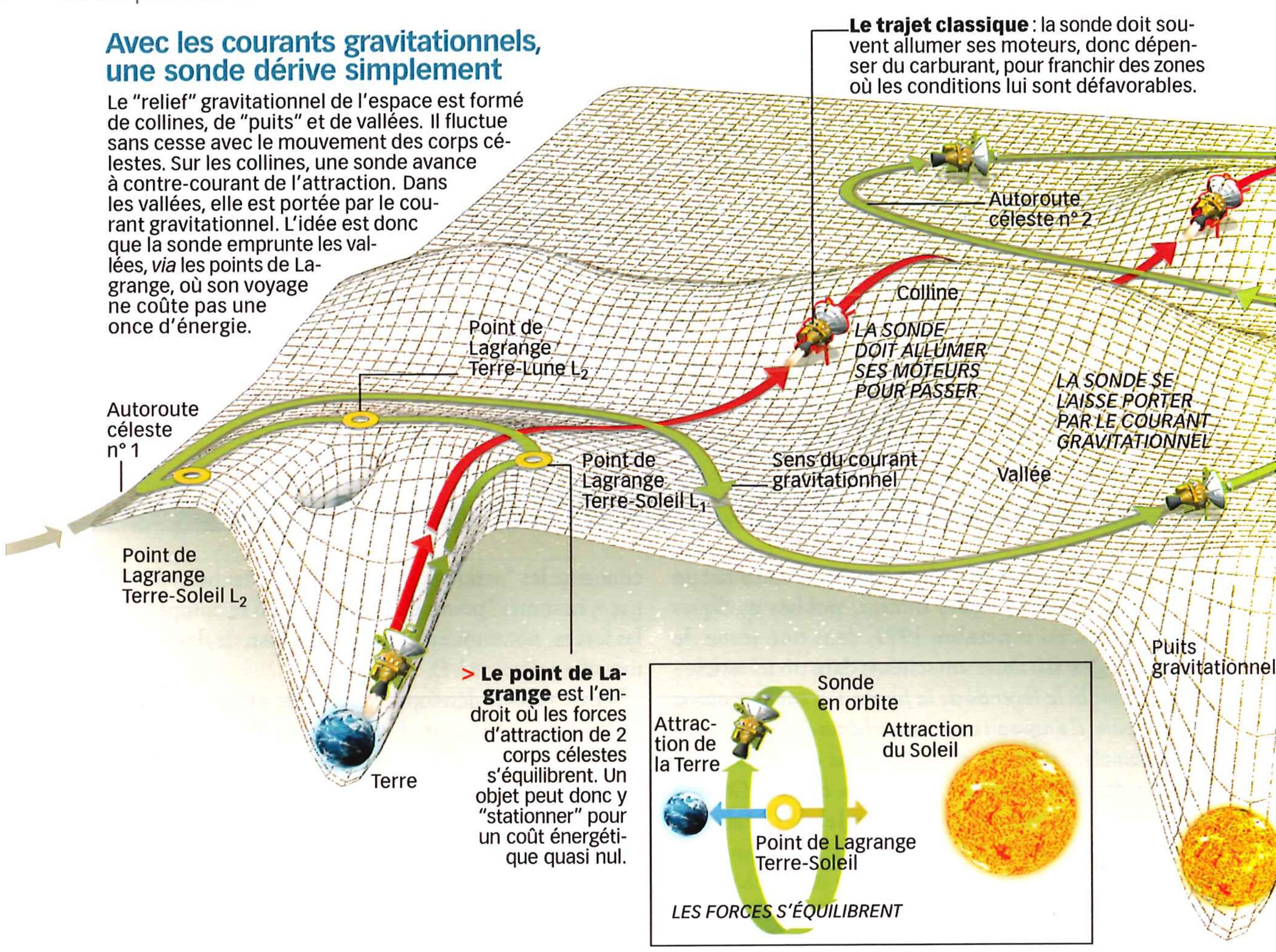
Au vrai, le principe de ce modèle n'est pas tout à fait inédit. Il reprend le concept d' "assistance gravitationnelle", bien connu des astrophysiciens pour ses deux applications phares. La première, le fameux "effet de fronde", permet d'accélérer une sonde en la faisant contourner de près une planète : une partie infime de l'énergie de révolution de la planète est cédée à la sonde, qui repart avec plus d'énergie qu'à son arrivée à proximité de la planète. La seconde concerne les "parkings gravitationnels", des lieux de l'espace, nommés "points de Lagrange", où se compensent les forces, notamment celles d'attraction de deux astres massifs (voir encadré).

Mais le modèle développé par les trois astrophysiciens du Caltech est autrement plus ambitieux. Il prétend que la comète Oterma suit les méandres d'un véritable "réseau interplanétaire de transport" par assistance gravitationnelle… que de futures sondes pourraient exploiter ! En bref : les interactions entre les corps du système solaire engendrent un gigantesque labyrinthe mouvant, fait de "rivières de flux gravitationnel" et de murs infranchissables percés d'étroits "canaux" qui mettent en communication plusieurs rivières. Quels canaux ? Les points de Lagrange, justement. Car outre leur rôle de parking, ils jouent aussi celui d'échangeurs autoroutiers. Dès lors, on peut les voir comme les seuls lieux où un vaisseau doit faire usage de ses propulseurs pour s'orienter vers le courant de son choix… et de se laisser porter ensuite par le flux qui le mènera à bon port. Certes, ces courants sont lents et les trajets très indirects : alors qu'avec une propulsion classique, le voyage Terre-Lune, prend environ 4 jours (missions Apollo), il a fallu deux ans à la sonde →



< **En 2000, le chimiste Charles Jaffé découvre l'analogie entre théorie des états de transition et autoroutes célestes… et bouleverse le voyage sidéral.**

A. DAGAN - GETTY D.K. - JPL/NASA - E.FRANCESCHI



→ européenne *Smart-1*, partie en septembre 2003, pour atteindre notre satellite en se servant d'une première version du modèle des "autoroutes". De plus, son trajet l'a éloignée de 1 million de kilomètres de la Lune avant de l'y précipiter… Oui, mais les économies d'énergie sont prodigieuses. Le transport de 1 kg de combustible coûte plus de 2 millions de dollars et les missions classiques doivent convoyer entre 40 % et 60 % de leur masse (d'un total de 400 kg environ) en combustible. La mission de la sonde *Genesis*, entre 2001 et 2004, également organisée à partir d'une version basique du modèle des "autoroutes", n'a, pour sa part, eu besoin d'en transporter que 4 %, soit une économie supérieure à 90 % ! De quoi organiser de très longs voyages, entièrement robotisés…

Mais encore faut-il établir les plans de construction de ces "échangeurs autoroutiers de l'espace" et à déterminer les meilleurs itinéraires des missions futures. Un travail de titan, qui exige la résolution d'équations redoutables. Et c'est ici que la chimie entre en scène. Car les similitudes entre la trajectoire de la comète Oterma et les schémas issus des travaux du chimiste Charles Jaffé ne doivent rien au hasard. Passée sa première surprise, le chercheur découvre vite qu'il ne s'agit pas d'une illusion due à la représentation graphique sur un écran d'ordinateur, prompte à jouer ce genre de tour. La coïncidence entre les deux schémas est plus profonde : les équations du modèle des autoroutes célestes concordent avec celles d'une théorie de la chimie dont il est spécialiste : la théorie des états de transition.

L'ENJEU : TROUVER LE CHEMIN LE PLUS ÉCONOMIQUE

Que dit cette théorie ? Développée depuis les années 30, elle permet de modéliser les conditions optimales de déclenchement d'une réaction chimique et de les anticiper. Elle interprète les réactions chimiques comme des parcours allant d'un état initial, où les éléments n'ont pas encore réagi, à un état final, où sont formés les produits de la réaction. Comme dans un jeu vidéo, ce parcours se dessine dans une géographie virtuelle, nommée "espace des

Le trajet gravitationnel : la sonde se laisse dériver au gré des courants gravitationnels jusqu'à un point de Lagrange, où elle stationne. Elle attend alors une nouvelle configuration du système solaire et le passage à proximité d'un courant gravitationnel plus favorable pour atteindre sa prochaine étape... Et ainsi de suite jusqu'à sa destination finale.

A. DAGAN

DES PARKINGS DANS L'ESPACE

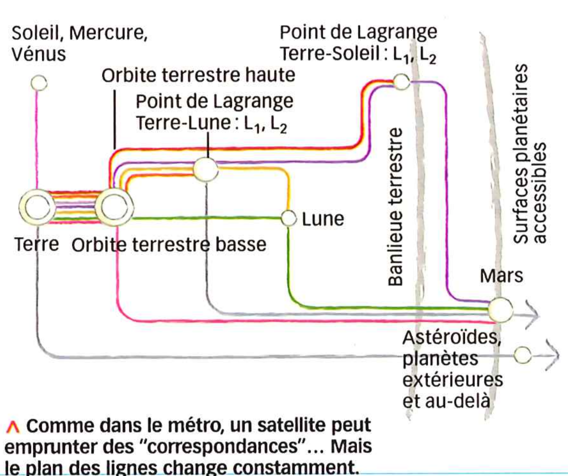
Le point de Lagrange L_1, situé sur la ligne imaginaire qui relie la Terre au Soleil, à 1,5 million de kilomètres de nous, est tel que les satellites qu'on y place restent "collés" à lui. Parce que la somme de la force de l'attraction terrestre, de l'attraction solaire et de la force centrifuge de révolution autour du Soleil s'y révèle nulle. Résultat : tout corps qui se trouve en L_1 est en suspension dans une "cage" gravitationnelle... *Idem* pour le point L_2, situé sur cette même ligne Terre-Soleil, mais exactement à l'opposé, de l'autre côté de la Terre : là, l'attraction combinée de la Terre et du Soleil annule l'effet de la force centrifuge. Néanmoins, L_1 et L_2 sont des points d'instabilité : il suffit d'une petite impulsion involontaire, dans un sens ou l'autre, pour que le vaisseau, tel un ballon au sommet d'une colline, dérive loin de ce point d'équilibre... Ce n'est que si le vaisseau est mis en orbite autour d'un de ces points virtuels, qu'il y restera durablement : c'est le "parking spatial". De nombreux satellites américains ont été parqués en orbite autour des points de Lagrange du système Terre-Soleil. Du côté du point L_1, *ISEE-3* a été lancé en 1978, à la rencontre des comètes Giacobini-Zinner et de Halley, *SOHO* en 1996 pour observer le Soleil, et *Genesis* a récolté des particules solaires de 2001 à 2004. La sonde *WMAP*, dédiée à l'étude du rayonnement "fossile", stationne actuellement en L_2.

phases" : l'état final et l'état initial sont des "puits" séparés par des "vallons". Une infinité de chemins mènent d'un puits à l'autre, mais un seul demande un minimum d'effort (voir infographie). Traduit dans le monde chimique, cela indique notamment quelles sont les meilleures conditions – température, concentration des produits, pression, agitation... –, c'est-à-dire les moins coûteuses en énergie, pour déclencher la réaction. La détermination de ces conditions optimales passe par la manipulation d'équations délicates... qui n'ont plus de secret pour les chimistes en général, et pour Charles Jaffé en particulier. Lequel a cette intuition : si ces équations sont parfaitement similaires à celles utilisées dans le modèle des autoroutes célestes, alors la chimie peut doper l'astrophysique en la faisant profiter de ses connaissances accumulées depuis soixante-dix ans. De quoi l'aider à abattre le travail en un temps record !

Sûr de cette découverte, le chimiste de l'université de Virginie de l'Ouest contacte donc les chercheurs de la Nasa. Qui se montrent vite très intéressés. A tel point que l'agence spatiale entreprend de financer des recherches communes : des équipes d'astrophysiciens et de chimistes unissent leurs efforts et, dès 2002, publient un nouvel article sur les autoroutes célestes. Grâce aux chimistes et à leur expérience, le modèle vient d'avancer à grands pas. Les sondes *Genesis* et *Smart-1* seront les premières à en profiter, ouvrant la voie à d'autres...

Mais une question fondamentale demeure : comment expliquer la proximité des deux théories ? La théorie des états de transition et le modèle des autoroutes célestes auraient-ils un ancêtre commun ? Eh bien... oui ! Et cela remonte à l'aube de la physique moderne. En 1913, précisément. Cette année-là, le physicien danois Niels Bohr présente un modèle d'atome inédit, inspiré des travaux du Britannique Ernest Rutherford en 1909. Ce modèle assimile tout atome à une sorte de "système planétaire" : autour du noyau "gravitent" des électrons sur différentes "orbites", tels des satellites. Dans cette représentation, ce sont des forces, non pas gravitationnelles mais électrosta- →

∧ Ce nouveau mode de transport sidéral pourrait permettre de détecter de petites planètes extrasolaires…



∧ Comme dans le métro, un satellite peut emprunter des "correspondances"… Mais le plan des lignes change constamment.

→ tiques qui garantissent la cohésion du système. Et ces deux types de forces s'appuient sur des équations similaires "en $1/R^2$", R étant la distance d'un électron à son noyau, ou d'une sonde à sa planète. Oui, mais la physique quantique – dont Bohr sera l'un des fondateurs – va montrer dès les années 30 que le modèle "planétaire" de Bohr est faux : un atome ressemble à tout sauf à un système planétaire ! Fin de l'histoire ? Pas tout à fait. Car comme l'explique Charles Jaffé, "*dans le développement de la théorie des états de transition en chimie et en physique atomique, on a toujours émis l'hypothèse que le système pouvait être décrit approximativement par les lois de la mécanique classique*". Autrement dit… à la manière de Bohr en 1913.

Ainsi un vieux modèle atomique, pratique mais faux, a-t-il apporté clandestinement dans la chimie une analogie

< *Genesis* a inauguré les autoroutes célestes dès 2001, ouvrant la voie à des circuits spatiaux plus économes.

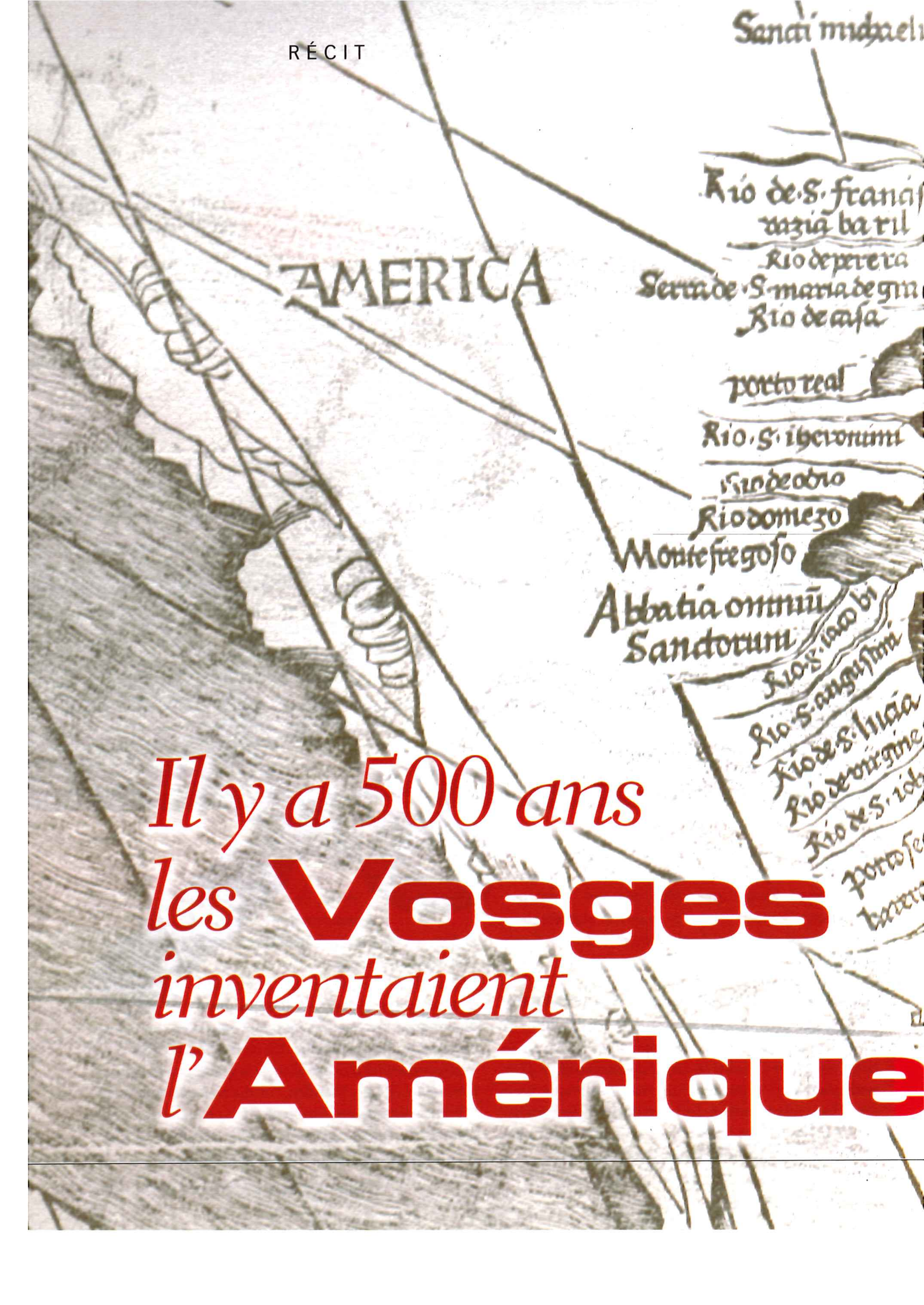
qui, en refaisant surface, est en train de renouveler la navigation interplanétaire. Curieuse histoire... qu'ont rapportée, à la fin de l'année 2005, dans une "note", les très sérieux *Comptes rendus de la société mathématique américaine*, sous le titre "*Niels Bohr, ici la base... Explorer l'espace cosmique avec la physique atomique*".

LE SYSTÈME SOLAIRE, FUTURE BANLIEUE TERRESTRE ?

L'hommage est mérité et la promesse, exaltante. A en croire les auteurs de la note, les prochaines sondes planétaires, plutôt que d'étudier en rafales rapides la surface d'une seule planète-cible, atteinte d'une traite ou presque, pourraient bien caboter autour des lunes de cette planète avant de s'attarder sur l'une de ses orbites, puis embarquer à destination d'une autre lune des environs, avant, éventuellement, de revenir sur Terre. De quoi faire du système solaire une banlieue familière.

Et au-delà ? Le modèle des autoroutes spatiales pourrait trouver une application inattendue : la détection de petites planètes extrasolaires de type terrestre. "*Si nous connaissons les masses respectives d'une étoile et de la géante gazeuse qui orbite autour*, dit Jerry Marsden, l'un des pères des autoroutes célestes, *nous pensons pouvoir déduire la position des autres planètes du système, petites et solides, invisibles au télescope.*" De spatiale, la chimie devient cosmique. ▌





Il y a 500 ans *les* **Vosges** *inventaient* *l'***Amérique**

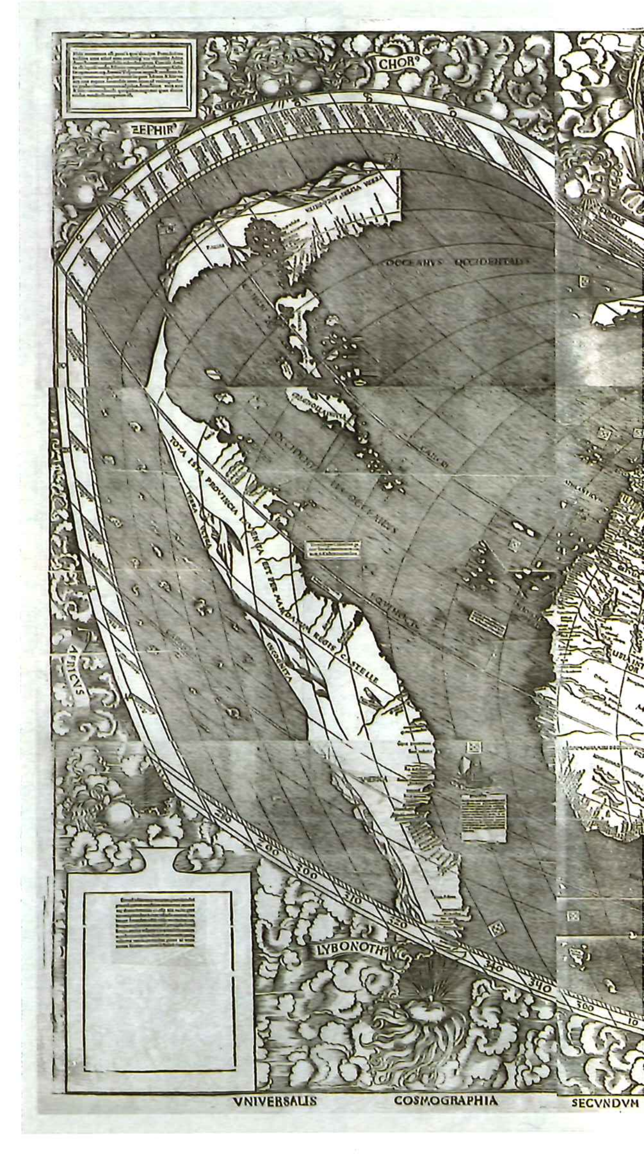


explorations 3

Bien peu le savent : *en* **1507**, *un petit groupe d'***érudits de Saint-Dié** *réalisait l'exploit de remettre à jour toute la* **Géographie** *de Ptolémée… sans quitter le petit village des Vosges. Comment ? En se fiant, contre toute attente, aux récits du navigateur italien* **Amerigo Vespucci**, *qui prétendait avoir découvert des* **terres inconnues**. *Un choix aussi audacieux que décisif ! Car sur la* **nouvelle carte du monde** *qu'ils dressèrent il y a exactement 500 ans apparaît pour la* **première fois** *un continent bien distinct de l'Asie, baptisé…* **America**. *Retour sur une paternité bien méritée.*

Par Emilie Rauscher

C.DEVORAH/WENN/SIPA

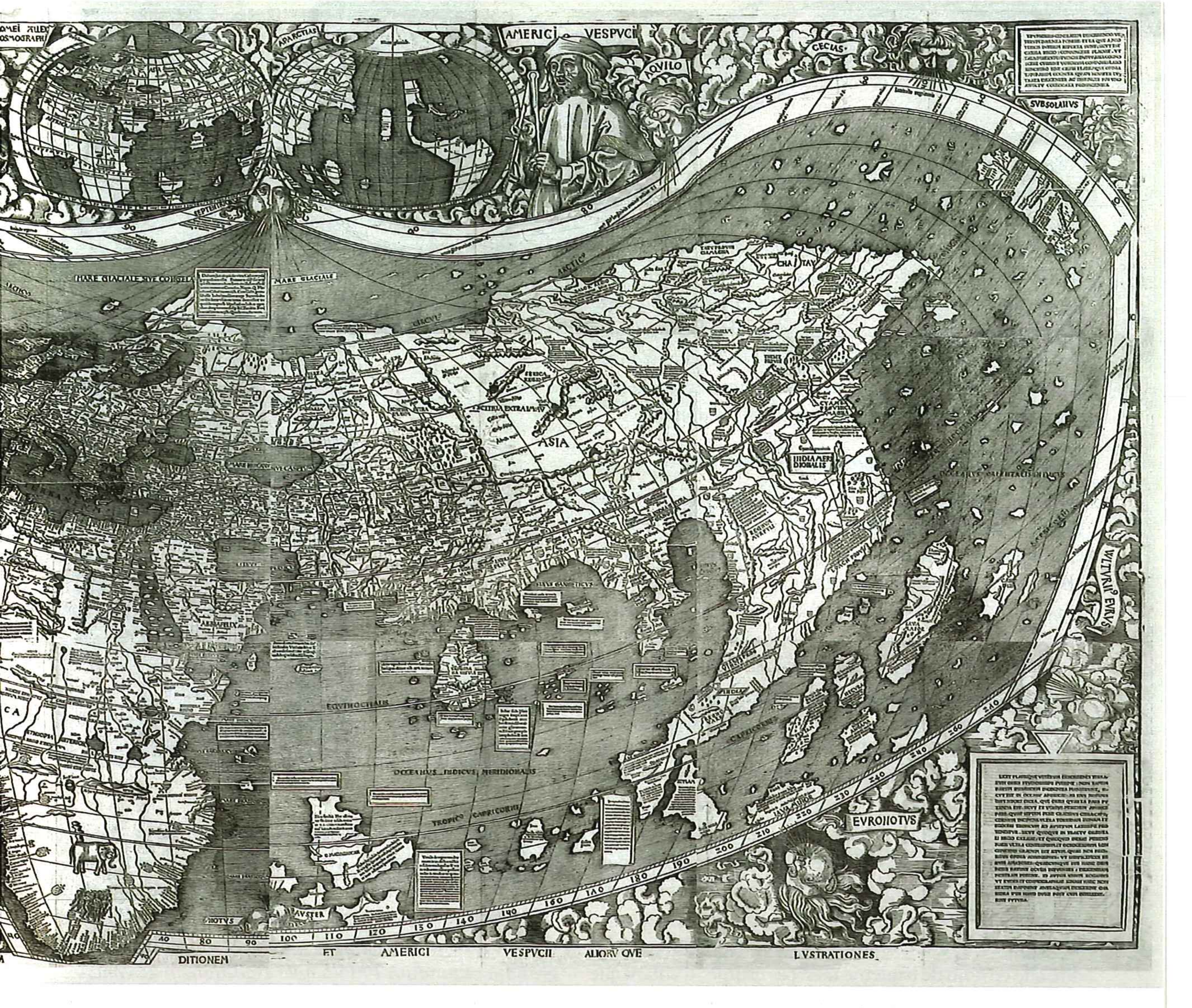


GEOGRAPHY & MAP DIVISION, LIBRARY OF CONGRESS

Vous êtes-vous parfois demandé qui a donné son nom à l'Amérique ? Vous n'êtes pas le seul : à partir du XVIe siècle, bien des érudits se sont posé la question, accumulant les hypothèses. Dont celle-ci, longtemps écartée tant elle semblait fantaisiste : ce serait un groupe de cinq érudits perdus au fin fond de la forêt vosgienne qui aurait baptisé l'Amérique, un beau jour d'avril 1507, en se basant sur le prénom du navigateur Amerigo Vespucci, né en 1454 et mort en 1512... Un club des cinq n'ayant jamais navigué ni foulé cette terre d'Amérique qui leur devrait pourtant son nom : voilà qui ressemblait à une plaisanterie ou à une légende fabriquée de toutes pièces. Car d'où sortaient ces Vautrin Lud ou Martin Waldseemüller à qui revenait prétendument le titre de "pères" de l'Amérique ? Comment, loin de tout grand centre intellectuel, auraient-ils pu révolutionner la géographie de l'époque ? Et pourquoi le Florentin Vespucci, alors que tout le monde savait que c'était le Génois Colomb qui, le premier, avait gagné l'Amérique ? A l'évidence, l'origine du mot Amérique se trouvait ailleurs.

Au XIXe siècle, l'affaire suscita la controverse. D'aucuns affirmaient que le Nouveau Monde avait été baptisé d'après la tribu des Amerrisques. D'autres y voyaient l'écho d'une terre sacrée du Pérou appelée l'Amaraca. Quant à Amerigo Vespucci, il n'était qu'un usurpateur et un opportuniste : il aurait adapté son prénom pour se trouver associé *de facto* à la découverte de l'Amérique... Sauf que, malgré les réticences, les savants de l'époque durent se rendre à la raison. Non seulement le navigateur florentin répondait bien au prénom d'Amerigo/Albéric, mais les noms ayant une racine proche du mot Amérique – qui existent bien – ne furent connus qu'après 1507... c'est-à-dire après que les érudits de Saint-Dié eurent baptisé le nouveau continent. Finalement, le berceau de l'Amérique se trouvait bel et bien dans les Vosges et, aujourd'hui, cette origine déodatienne ne souffre plus aucune discussion. Il est établi que la mention la plus ancienne du nom Amérique figure dans un petit livret imprimé en avril 1507 dans la ville de Saint-Dié et, de ce fait, 2007 marque le 500e anniversaire du baptême de l'Amérique. Quel livret ? Couramment appelé *Cosmographiae introductio*, il était intitulé *Introduction à la cosmographie avec quelques éléments de géométrie et d'astronomie nécessaires à l'intelligence de cette science*. Il s'agissait d'une version actualisée de la représentation du monde à partir des quatre voyages de Vespucci. Et pour la première fois apparaît un continent baptisé America.

A l'origine de tout cela, Vautrin Lud, chanoine et conseiller du duc de Lorraine René II, souhaitait mettre à jour la célèbre *Géographie* de Ptolémée, qui compilait toutes les connaissances géographiques de son époque et qui, pendant des siècles, avait fait référence. Esprit éclairé, le duc avait favorisé la création du petit atelier d'imprimerie de Lud, et lui avait permis d'accéder à un exemplaire de ces in-



∧ **Le célèbre planisphère en forme de cœur est surmonté d'une autre carte avec Ptolémée à gauche, Amerigo Vespucci à droite.**

croyables récits de voyageurs ayant traversé les mers pour gagner, par l'Ouest, ce qu'ils croyaient être les Indes. Enfin... Tous ne prétendaient pas cela : Amerigo Vespucci considérait, lui, que ces terres étaient nouvelles, inconnues des Anciens. Ce qui remettait tout simplement en cause la conception du monde et rendait caducs des ouvrages de référence comme la *Géographie* de Ptolémée.

CRÉATION DU GYMNASE VOSGIEN

En lisant les comptes rendus de Vespucci, Lud fut convaincu que le navigateur italien avait raison... Il décida de publier une nouvelle *Géographie*. Pour cela, il lui fallait un cartographe capable de dessiner d'excellentes cartes, et de bonnes plumes pour rédiger des textes de qualité. Or, au milieu de la forêt vosgienne, Saint-Dié ne pouvait pas abriter tous les talents voulus. Lud alla donc recruter et réunit autour de lui son neveu Nicolas Lud, secrétaire et capable de gérer l'atelier ; Mathias Ringmann, cosmographe et correcteur au fait des techniques d'imprimerie ; Jean Basin, latiniste émérite ; et surtout Martin Waldseemüller, cartographe allemand qui jouissait d'une excellente réputation. Le Gymnase vosgien était né. C'est de ce travail en commun que sortit, quelques mois plus tard, un livret de 104 pages rédigé en latin, divisé en deux parties et complété de quatre figures et deux cartes. La première partie compte neuf chapitres, dont le dernier expose qu'"*aujourd'hui, ces parties de la Terre (l'Europe, l'Afrique, l'Asie) ont été complètement explorées, et une quatrième partie a été découverte par Amerigo Vespucci, ainsi qu'on le verra plus loin. Et comme l'Europe et l'Asie ont reçu des noms de femme, je ne vois aucune raison pour ne pas appeler cette autre partie Amerigé, c'est-à-dire terre d'Americo, ou America, d'après l'homme sagace qui l'a découverte*". Un passage explicite qui est considéré comme l'acte de baptême du Nouveau Monde. →

→ La seconde partie de l'opuscule reprend une lettre écrite par Vespucci en 1504 dans laquelle il raconte ses quatre voyages et annonce très clairement avoir vu des *"choses qui ne se trouvent écrites ni par les anciens, ni par les modernes écrivains"*, dont *"une grande étendue de terre ferme et des îles innombrables et une grande partie d'entre elles habitées. Chez les écrivains anciens, on ne parle pas d'elles, je crois, parce qu'ils n'en eurent pas connaissance ; parce que, si je m'en souviens bien, dans l'un d'eux j'ai lu qu'il était d'avis que cette mer Océane était sans habitants"*.

LE NOM AMÉRIQUE APPARAÎT SUR UNE CARTE

En prétendant avoir parcouru des terres nouvelles, Vespucci détonne au milieu de ses confrères navigateurs : en 1506, Christophe Colomb décédera, encore convaincu qu'il a touché les côtes occidentales des Indes, ignorant qu'il avait posé le pied sur ce qui deviendrait l'Amérique. Le choix des savants du Gymnase vosgien n'est donc ni le fruit du hasard, ni celui de leur ignorance des voyages de Colomb (il est cité plusieurs fois comme un précurseur). C'est en toute connaissance de cause qu'ils préfèrent le Florentin au Génois, considérant que le premier s'était non seulement démarqué des Anciens pour prendre la pleine mesure de la découverte, mais avait aussi mis le pied sur la nouvelle terre avant son "concurrent". De fait, Colomb la foula en août 1498, six ans après avoir abordé les premières îles bordant le continent, mais Vespucci l'atteignit en juillet 1497. Et si l'on rappelle enfin qu'Amerigo participa à la reconnaissance de la plus longue étendue de ces nouvelles côtes, on peut dire que ce nom de baptême n'est pas usurpé ; d'autant que le "parrain" ne demanda rien et mourut en 1512 sans savoir qu'il avait une filleule dénommée Amérique.

Les savants ne se sont pas contentés du livret. Introduction à leur future édition de la *Géographie* revisitée de Ptolémée, il se devait d'être accompagné d'au moins une carte. Il le fut de deux, chacune portant le nom d'"America" et dessinée par Waldseemüller. La première, au tracé approximatif, était un globe en 12 fuseaux prévus pour être découpés et collés sur une sphère de 18 cm. La seconde, l'*Universalis cosmographia secundum Phtolomaei traditionem et Americi Vespucii aliorumque Lustrationes (Une carte du monde d'après la tradition de Ptolémée et les voyages d'Amerigo Vespucci)*, était d'une autre ampleur… Couvrant 12 feuilles graduées et imprimées de 59 cm sur 43 cm, ce double plani-

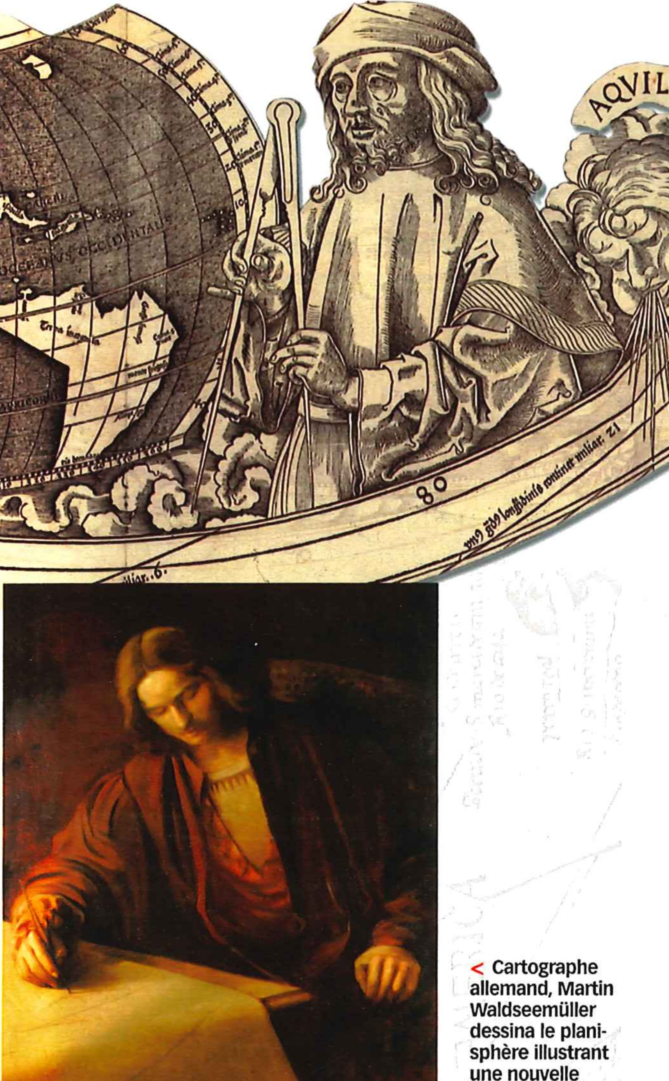
> Né en 1448, le chanoine déodatien Vautrin Lud fut convaincu par les récits d'Amerigo Vespucci.





500 ANS D'ENTENTE CORDIALE

Après la redécouverte de l'origine du nom Amérique à la fin du XIXe siècle, les Etats-Unis et Saint-Dié se témoignent leur sympathie par le biais de sociétés savantes, mais surtout lors des commémorations de 1911. Alors que les 400 ans du "baptême", en 1907, étaient passés dans l'indifférence, un journaliste américain, président de la Saint-Dié-Society, propose de se rattacher à l'anniversaire de la mort de Mathias Ringmann, disparu en 1511, parfois considéré comme l'inventeur du nom. Diverses manifestations ont lieu en juillet 1911 et la maison dite de Nicolas Lud (ci-contre), emplacement présumé de l'imprimerie d'où sortirent cartes et livrets du "baptême", reçoit une plaque commémorative. Elle sera dynamitée en 1944, faisant de la "marraine de l'Amérique" une ville au martyr médiatisé. Gardant en mémoire 1507, Saint-Dié organise depuis 1990 le Festival international de géographie qui accueille tous les ans des chercheurs et conférenciers de toutes les nationalités.



< Cartographe allemand, Martin Waldseemüller dessina le planisphère illustrant une nouvelle vision du monde.

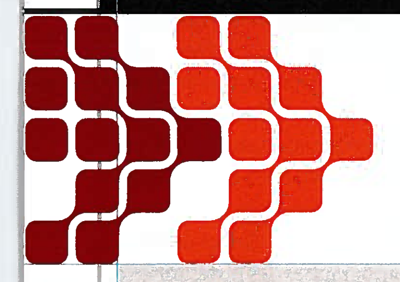
sphère occupait une surface de 2,32 m sur 1,29 m ! Double, car il porte deux variations de leur conception du monde : une cordiforme (en forme de cœur), allant du Japon, à l'est, à la nouvellement nommée Amérique, à l'ouest. Une Amérique séparée de l'Asie sans équivoque possible, et traversée d'un détroit en son centre. Une seconde carte, plus petite, est accompagnée de ses deux inspirateurs : Ptolémée à gauche, à côté de l'hémisphère regroupant Europe, Asie et Afrique (les terres qu'il a décrites), et Vespucci à droite, à côté de l'Amérique, de l'Inde, de la Chine et du Japon. Détail intrigant, le Nouveau Monde est ici appelé *Terra incognita* et a perdu son détroit. Sa côte est notée d'un simple trait, rappelant que ses contours restent inconnus. D'où le profil très étiré des terres : pour ses travaux, Waldseemüller disposait des cartes précédentes (mais lacunaires et rattachant le nouveau continent à l'Asie) et des écrits de Vespucci (annotations de voyages, durées de trajets, repères, etc.). Bien peu en regard de tout ce qu'il y avait à inventer et qui rend d'autant plus exceptionnels les résultats de ces cinq hommes, habitant à plus de 600 km de la première côte et travaillant dans un modeste atelier d'imprimerie vosgien. Au final, la réussite sera sans équivoque : 1507 verra quatre éditions officielles de la *Cosmographiae introductio*. En 1509, l'ouvrage est réédité à Strasbourg, puis à Lyon en 1515 et en 1518. Les cartes seront recopiées par d'autres cartographes, les textes intégrés dans d'autres ouvrages. Si bien que la grande carte *(Universalis cosmographia...)* et son livret vont être diffusés à près de 1 000 exemplaires – un véritable succès pour l'époque !

LE MOUVEMENT EST IRRÉVERSIBLE

Plus qu'un succès de librairie, ce sera un tour de force intellectuel ! Dès 1507, les cartes et l'opuscule circulent et le nom d'Amérique est répété, repris. Ceci, malgré l'étonnant et inexpliqué retour de Waldseemüller aux anciennes conceptions du monde vers 1513. En 1515, dans un ouvrage imprimé à Nuremberg, le cartographe Schöner constate déjà que le nom America est largement employé. Certes, on voit toujours sur certaines cartes des *Terra incognita* ou des *Mundus novus*, mais le mouvement est irréversible. En 1538, Mercator lui-même, qui va révolutionner la cartographie avec sa méthode de projection du globe sans déformation sur une surface plane, adopte la conception vespuccienne du monde... Au XVIIe siècle, le nouveau continent est bien reconnu comme tel, une terre inconnue des Anciens et sans rapport avec l'Asie, et la nomenclature déodatienne s'impose en douceur. Seule l'Espagne, commanditaire des voyages de Christophe Colomb, gardera une conception colombienne du monde et parlera des "Indes occidentales" jusqu'au XVIIIe siècle.

Que reste-t-il aujourd'hui de ces petits livrets et de leurs cartes ? Quelques exemplaires du premier se trouvent dans plusieurs musées européens et aux Etats-Unis, une seule grande carte subsiste. Cette survivante, ayant sans doute appartenu à Schöner, fut redécouverte en Allemagne en 1901 dans la bibliothèque de la famille Waldburg-Wolfegg. La Bibliothèque du Congrès américain marqua aussitôt son intérêt. Intérêt qui trouva sa conclusion... en ce début de XXIe siècle, et pour quelque 10 millions de dollars. A noter : une proposition formulée en 1992 par certaines nations indigènes de renommer le Nouveau Monde *Abya Yala* ("La Terre dans sa pleine maturité" en aymara, une langue inca). Mais elle a peu de chance d'aboutir. ■

à lire



Un plaidoyer pour repenser la physique

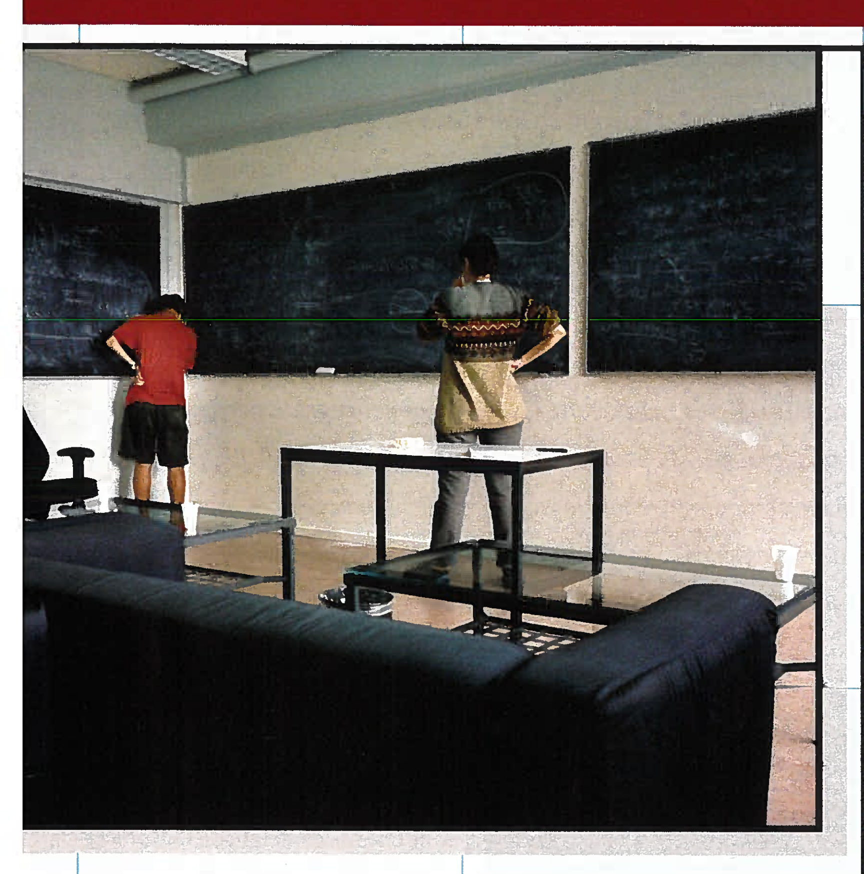


Rien ne va plus en physique !
Lee Smolin, éd. Dunod, Quai des sciences, 486 p., ***24,90 €.***

Une première corde, nouée, illustre la couverture. La deuxième, Lee Smolin semble d'emblée la tendre au lecteur pour mieux se faire pendre : " Nous avons échoué ", *avoue-t-il dès l'introduction de cet ouvrage imposant. De qui parle-t-il ? Des chercheurs qui, comme lui, travaillent à étendre les connaissances des lois les plus fondamentales de la physique. Quel est leur échec ? Pendant plus de deux siècles, selon Lee Smolin, la science physique a connu une croissance explosive, enchaînant les découvertes majeures avec Newton ou Einstein. Puis, soudain, plus rien.* " Malgré nos efforts, ce dont nous sommes certains n'excède pas ce que nous savions dans les années 70 " *(voir S&V n° 1078). Une théorie a bien mobilisé l'attention. Séduisante, elle envisage les particules élémentaires comme les vibrations d'une seule entité, une corde, obéissant à des lois simples, qui expliquent à la fois le très grand et le très petit. Cette théorie des cordes concilie donc relativité générale et mécanique quantique. Elle ne repose néanmoins sur aucune observation expérimentale, ne produit aucune prédiction nouvelle en raison d'un nombre infini de versions. Alors, l'auteur reprend tout patiemment, de manière très claire. Les cinq grands problèmes de la physique, inchangés depuis trente ans. Les multiples propositions énoncées. Les avancées et les écueils de la théorie dominante. Avant de refermer le livre, comme pour balayer une pratique de la science qui s'effondre, quelques lignes invitent à "commencer à penser". Pour le lecteur arrivé jusque-là, de toute évidence, c'est déjà fait.* **R.B.**

> Après deux siècles de découvertes majeures, plus rien...

W.KLERKX/LAIF-REA



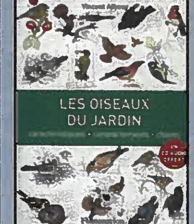


Un Néandertalien dans le métro
Claudine Cohen, Seuil, 160 p., ***19 €****.*

Racisme anti-Neandertal

"Trapus", "rugueux", "sans pitié": en 1911, le roman *La Guerre du feu*, de Rosny aîné, peint l'homme de Neandertal comme une brute sanguinaire aux traits bestiaux. Rien de bien étonnant: il s'inspire alors des thèses présentées par Marcellin Boule, paléoanthropologue au Muséum d'histoire naturelle de Paris, concernant un spécimen exhumé en 1908 à La Chapelle-aux-Saints. Vingt-cinq ans plus tard, l'anthropologue américain Carleton Coon affirme le contraire. Selon lui, coiffé, rasé, habillé, "*le vieillard de La Chapelle-aux-Saints*" passerait inaperçu dans le métro de New York... L'homme de Neandertal, découvert il y a un siècle et demi, ne cesse de faire l'objet de débats. Mais si les anthropologues ne sont plus sûrs qu'il fasse partie intégrante de notre espèce, ils se sont éloignés du "racisme rétrospectif" des premières théories. A travers le récit de ces diverses représentations, l'auteur, paléontologue et maître de conférences à l'Ecole des hautes études en sciences sociales, révèle les idéologies des sciences de la préhistoire. **R.B.**

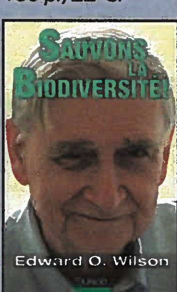
Et aussi...



AUTOUR DE NOUS, DES VOLATILES...
Ce petit guide, joliment illustré et très pratique, permet d'identifier et de connaître un peu mieux vingt oiseaux qui nous entourent, de la mésange au rossignol. Il est livré avec un CD audio. **R.B.**
"Les Oiseaux du jardin", éd. Flammarion, 128 p., ***19,90 €****.*



L'ARCHÉOLOGIE SE PENCHE SUR L'HISTOIRE AGRICOLE
Comment l'invention de l'agriculture et de l'élevage, il y a environ dix millénaires, a-t-elle bouleversé l'humanité ? En s'appuyant sur les principaux sites archéologiques, ce premier volume de la collection *Archéologies de la France* fait la synthèse des connaissances sur le sujet. **R.B.**
"La révolution néolithique en France", éd. La Découverte, 180 p., ***22 €****.*



LE CRI D'ALERTE D'UN PONTE
Dans cet ouvrage, le grand biologiste et professeur à Harvard, à l'origine du mot "biodiversité", prend la défense de la théorie de l'évolution (très contestée outre-Atlantique) et alerte sur la disparition, chaque année, de dizaines d'espèces animales et végétales. **R.B.**
"Sauvons la biodiversité !", éd. Dunod, 208 p., ***18 €****.*

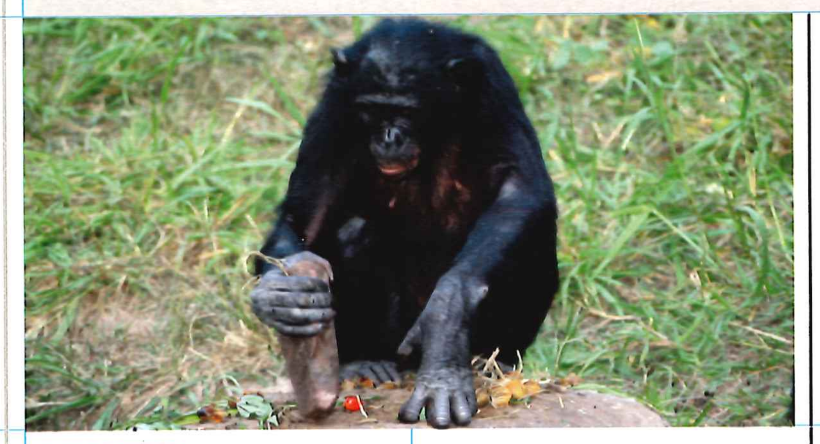


ÉVÉNEMENT

La Terre se dévoile au trou de Bozouls

Petite commune de 2 600 âmes située en Aveyron, Bozouls est avant tout… un trou ! Ou plutôt, un canyon en forme de fer à cheval, profond d'une centaine de mètres, creusé au fil des siècles par un torrent, le Dourdou, au bord duquel la ville s'est construite. Le "trou de Bozouls", comme on le nomme, est exceptionnel par sa beauté et la richesse de ses enseignements. Car c'est un paradis pour tout géomorphologue qui se respecte et souhaite comprendre comment le climat et la tectonique des plaques conjuguent leurs efforts pour former le relief. C'est pour partager ce précieux savoir avec le plus grand nombre qu'a été créé le Festival des sciences de la Terre de Bozouls. Au programme : visites guidées dans des sites naturels remarquables, conférences sur des thèmes aussi divers que l'eau, les séismes du Massif central ou Homo sapiens*… Celles-ci seront données par de prestigieux invités, dont Albert Jacquard. Le célèbre généticien et essayiste, membre du Comité consultatif national d'éthique, évoquera ainsi la place de la science dans la société, et sera le parrain de cette 8e édition.* **Er.H.**

"Festival des sciences de la Terre", Bozouls (Aveyron), du 16 au 20 août. Rens. : www.geopole12.org



EXPOSITION

Le singe et l'homme : un patrimoine commun

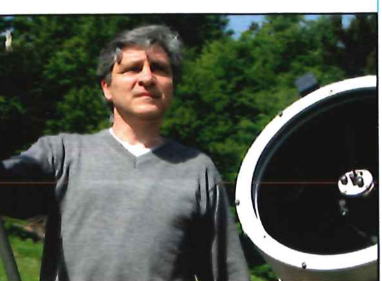
Bipède possédant deux yeux frontaux, des mains préhensibles composées de cinq doigts, capable d'utiliser des outils, de rire, de développer des relations sociales complexes, ayant conscience de lui-même et possédant une culture… Il ne s'agit pas de la définition de l'homme, mais des hominidés. Car ce patrimoine, nous le partageons avec les grands singes. C'est ce que veut montrer cette exposition qui fait la synthèse des connaissances sur le sujet en paléontologie, éthologie et physiologie. **Er.H.**

"Le propre du singe", Muséum d'histoire naturelle, Grenoble, jusqu'au 31 décembre. Rens. : www.museum-grenoble.fr

DÉCOUVERTE

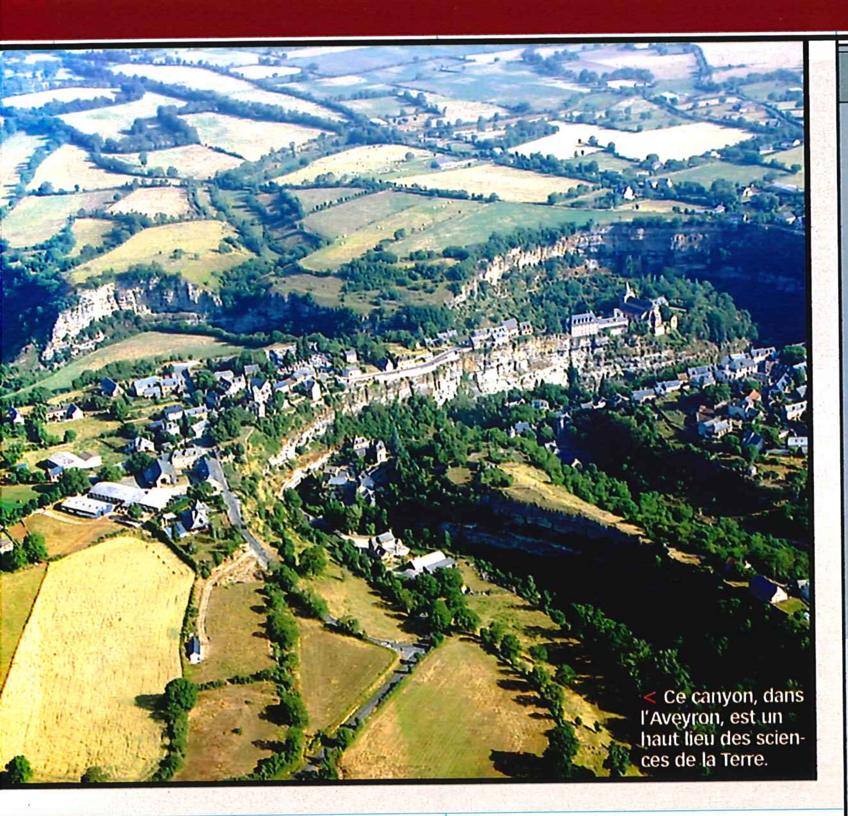
Se faire la belle… étoile

Une dose de conférences, une pincée d'excursions et d'observations, le tout saupoudré d'animations : voilà la recette de ce premier festival organisé sur le site remarquable du Mont Aigoual, dans les Cévennes. Foudre, atmosphère des planètes du système solaire, galaxies, vie dans l'Univers… Vous aurez la tête dans les étoiles. **Er.H.**



"Les chants du ciel", col de la Serreyrède, l'Espérou, Gard, jusqu'au 25 août. Rens. : www.astro-gard.com

DR



< Ce canyon, dans l'Aveyron, est un haut lieu des sciences de la Terre.

Et aussi...

> Événements/conférences

France et Europe "Nuit européenne de la chauve-souris". 30 pays se mobilisent pour faire connaître et aimer ces mammifères volants dont les effectifs diminuent de manière alarmante. Conférences, sorties nocturnes... invitent à découvrir leurs mœurs, cris et technique de chasse. Rens. : www.nuitdelachauvesouris.com

Paris "Papyrus médical égyptien du Nouvel Empire (1550-1050 av. J.-C.)". Le Louvre expose, pour quelques jours encore, ce papyrus de 7 m de long où figurent diagnostics et recettes médicales. Une occasion à ne pas rater car on ne reverra pas ce trésor de sitôt. Aile Richelieu, jusqu'au 6 août. Rens. : www.louvre.fr

> Expositions/festivals

Chamonix, "Des glaciers et des hommes". L'histoire de nos représentations des glaciers, des mythes fondateurs à la glaciologie. A l'espace Terraz, jusqu'en septembre 2008. Rens. : http://chamonix-mont-blanc.fr

Paris "Titanic au cœur de l'océan", A découvrir, lettres et télégrammes envoyés avant et pendant le naufrage du *Titanic*, dont le témoignage d'Helen Candee, qui a inspiré le film de James Cameron. Au Musée des lettres et manuscrits, jusqu'au 28 octobre. Rens. : www.museedeslettres.fr

Clermont-Ferrand "Insectes et paysages d'Auvergne". Le musée d'histoire naturelle met en scène ses collections d'insectes. Au musée Henri-Lecoq jusqu'en mars 2008. Rens. : 05 62 30 16 00.



< L'orchidée *Angraecum eburneum* fait rimer économie et écologie.

EXPOSITION

A Madagascar, les pétales sont "durables"

Comment assurer à une population urbaine très largement constituée d'individus non salariés de quoi vivre tout en préservant environnement et biodiversité ? Antananarivo, la capitale malgache, a une réponse : l'agriculture urbaine. L'idée : donner à chacun les moyens de cultiver, en plein centre-ville, des plantes-ressources à forte valeur ajoutée (vétiver, raphia, ylanguier...) pour assurer le développement économique, tout en améliorant l'urbanisme et en évitant les prélèvements sur la flore sauvage. Une utopie ? Pas du tout. Pour preuve, cette orchidée, *Angraecum eburneum*. Hier quasiment disparue, aujourd'hui cultivée par les habitants d'Antananarivo, elle est vendue aux industriels français de la Cosmetic Valley, au sud-ouest de Paris, qui l'apprécient pour ses vertus. Un exemple original de développement durable que nous propose de découvrir la Cité des sciences... Et l'occasion de découvrir le monde étonnant des orchidées. **Er.H.**

"Orchidées de Madagascar", Cité des sciences, Paris, jusqu'en mars 2008. Rens. : www.cite-sciences.fr





DOCUMENTAIRE

Les dinosaures géants crèvent l'écran

Douze mètres de haut, 35 de long et près de 100 tonnes : ce sont les mensurations du plus grand animal qu'ait jamais porté la Terre, l'*Argentinosaurus*. Ce placide herbivore avait un prédateur non moins exceptionnel : le *Giganotosaurus* qui, haut de 6 m, long de 12 m et lourd de 8 tonnes, est le plus grand des carnivores ayant sévi sur Terre... Deux titans que nous pouvons découvrir sur écran géant et en 3 D, grâce au film de Marc Fafard. A la suite du paléontologue Alfonso Coria, il nous emmène en Patagonie, là où vivaient ces braves bêtes il y a 100 millions d'années... **Er.H.**

"Dinosaures 3D", à la Géode, à Paris. Rens. : www.lageode.fr

Sur le Net...



CET ÉTÉ, FAISONS DU TOURISME... SCIENTIFIQUE

http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/scienBuis/main/scienBuis.htm

Pour en finir avec l'ennui des journées de vacances pluvieuses, testez le tourisme scientifique ! Une douzaine de sites scientifiques remarquables sont ici proposés à la visite. L'internaute est accueilli par une carte de France sur laquelle figurent les centres à visiter ; il n'a qu'à cliquer sur celui le plus proche de son lieu de vacances pour obtenir toutes les informations pratiques... Un conseil : réservez plusieurs jours à l'avance.

POUR VOIR LA GÉO EN 3D

www.geoportail.fr

Des mois qu'on l'attendait, la voilà enfin : la version 3D du géoportail de l'Institut de géographie national. Fini les difficiles interprétations des courbes de niveau : c'est désormais l'ordinateur qui s'en charge ! Et l'on peut tout lui demander : cadastre et photos aériennes plaqués sur le relief, routes, chemins de randonnée, cartes IGN... Bienvenue dans une nouvelle dimension.

CONNAÎTRE LES PRODUITS TOXIQUES

www.inrs.fr/biotox

L'Institut national de recherche et de sécurité a récemment créé cette base de données rassemblant des informations utiles sur plus d'une centaine de produits chimiques et toxiques : métaux, alcools, hydrocarbures... On y apprend, par exemple, comment ces substances pénètrent dans l'organisme, et comment celui-ci les élimine.

Le ciel du mois

Par Serge Brunier



∧ Une petite lunette suffit pour voir le double visage d'Albiréo.

Le plus beau couple céleste

A l'œil nu, Albiréo est facile à trouver, au cœur de la Voie lactée : elle pointe la base de la spectaculaire croix que dessine la constellation du Cygne dans le ciel d'été. Simple étoile lorsqu'on la regarde à l'œil nu, Albiréo exige des jumelles pour révéler sa vraie nature : cette étoile est en réalité double. Et quel couple ! Sa composante la plus brillante, 800 fois plus lumineuse que notre Soleil, est une étoile géante rouge. Sa compagne est une géante bleue, "seulement" 100 fois plus lumineuse que le Soleil. Contemplée dans une petite lunette grossissant de 30 à 100 fois, Albiréo offre une image magnifique : les couleurs vives et contrastées des deux étoiles sont parfaitement visibles ! Albiréo est éloignée de 400 années-lumière de la Terre, ses deux composantes se trouvent à moins de 1 000 milliards de kilomètres l'une de l'autre.



Retrouvez la chronique "Du côté des étoiles" sur France Info tous les dimanches et sur france-info.com

NORD

Cocher
CAPELLA
Lynx
Persée
Grande Ourse
Triangle
Cassiopée
Petite Ourse
Chiens de chasse
Andromède
Céphée
Dragon
Bouvier
Pégase
DENEB
Hercule
Poissons
Cygne
VÉGA
ARCTURUS
Couronne boréale
Lyre
Dauphin
ALBIRÉO
Vierge
Flèche
Serpent (tête)
Petit Cheval
ALTAÏR
Serpent (queue)
Balance
Verseau
Aigle
Ophiuchus
JUPITER
Ecu
Capricorne
ANTARÈS
Sagittaire

EST
OUEST
SUD

Les phases de la Lune

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

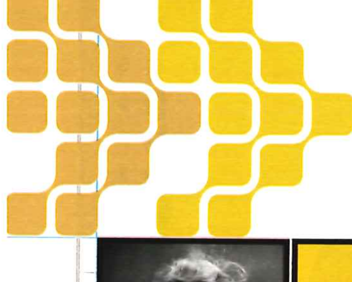
A ne pas manquer… le 12

Cette année, le rendez-vous de la Terre avec l'essaim des Perséides s'annonce très intéressant : l'observation de ces étoiles filantes, grains de poussière que la comète Swift-Tuttle abandonne dans son sillage, ne sera pas perturbée par la présence de la Lune. La Terre va traverser l'orbite de la comète la nuit du 12 au 13, les poussières vont pénétrer dans l'atmosphère et s'y embraser, donnant des "étoiles filantes". Pour une bonne observation, il faut un ciel bien noir et dégagé et surveiller la voûte entière, à partir de minuit.

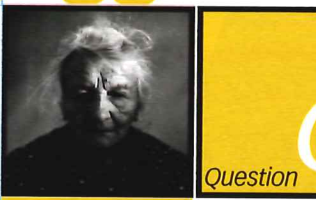


< **A L'ŒIL NU.** Au cœur de la nuit du 12 au 13 août, des dizaines d'étoiles filantes de l'essaim des Perséides seront visibles.





Pourquoi les femmes vivent-elles plus longtemps ?



Question de Marie Lapique, Concarneau (29)



C'est un fait : les femmes vivent en moyenne 4,2 ans de plus que les hommes. Cet écart atteint même 6 à 8 ans dans les pays industrialisés. Certes, les hommes prennent plus de risques : ils sont plus enclins à fumer, boire, conduire vite, pratiquer des sports et des métiers dangereux, sont moins attentifs à leur santé… Mais les particularités sociologiques ne suffisent pas à expliquer cet écart : il existe un réel avantage biologique à être une femme.

Côté hormones, tout d'abord, les femmes semblent mieux loties : les hormones féminines, les œstrogènes, limitent la formation du "mauvais" cholestérol, responsable de l'accumulation de graisse obstruant les vaisseaux (athérosclérose) ; or, ce sont d'abord ces plaques de graisse qui sont en cause dans les crises cardiaques et les accidents vasculaires cérébraux. Conséquence : les maladies cardiovasculaires, première cause de mortalité en France, tuent cinq fois moins de femmes que d'hommes ! Les œstrogènes favorisent également la cicatrisation de la paroi des vaisseaux et stimulent la libération d'oxyde d'azote, gaz "dilatateur" qui augmente le diamètre vasculaire, diminuant le risque de formation de caillot sanguin. En outre, le taux d'œstrogènes subit d'importantes variations au cours du cycle menstruel et peut être multiplié par 70 lors de la grossesse.

LE SECOND X RÉNOVE LES GÈNES

Résultat : les vaisseaux des femmes sont constamment sollicités, le débit cardiaque augmente de 20 % dans la deuxième phase du cycle et de 40 % pendant la grossesse, ce qui a presque l'effet d'un entraînement sportif ! Ce n'est

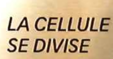
Les chromosomes des femmes sont mieux entretenus

Une partie de la réponse réside dans le fait que les œstrogènes, les hormones féminines, renforcent la maintenance des chromosomes. En accentuant la production de télomérase, une enzyme chargée de réparer les extrémités des chromosomes (ou télomères), ils protégeraient l'ADN des dégradations liées au vieillissement.

1 Les télomères raccourcissent

A mesure que les cellules se divisent, les extrémités des chromosomes raccourcissent.







qu'à partir de la ménopause, quand le taux d'œstrogènes chute considérablement, que leur risque cardiovasculaire se met à rattraper celui des hommes… N'arrivant alors à égalité qu'à partir de 75 ans. Enfin, les œstrogènes stimulent la production de molécules anti-oxydantes qui neutralisent les radicaux libres, ces éléments chimiques impliqués dans le vieillissement cellulaire qui endommagent les parois des cellules, des protéines ou de l'ADN.

Mais c'est aussi une affaire de chromosomes. Alors que les hommes possèdent un X et un Y, les femmes ont deux X. A mesure qu'elles vieillissent, leur second X peut ainsi s'activer, permettant de remplacer les gènes détériorés par l'âge par des "neufs". Et cela concerne une quantité non négligeable de gènes : le chromosome X contient pas moins de 5 % du génome (de 900 à 1 200 gènes), contre 0,4 % pour le Y (moins de 80 gènes)… Par ailleurs, l'ADN féminin semble mieux protégé : chez les femmes, les extrémités des chromosomes, ou télomères, sont plus longues et protègent les gènes plus longtemps (voir infographie). Ajoutons que le système immunitaire féminin est plus performant pour produire des anticorps contre les infections.

En dépit du risque lié à la maternité, le "sexe faible" est donc biologiquement le plus fort. Pour Thomas Perls, spécialiste du vieillissement à l'université de Boston, la raison évolutive est simple : "*Vivre plus longtemps permet aux femmes d'élever le plus d'enfants possibles*". **Marine Corniou**

PLUS LONGTEMPS… MAIS PAS MIEUX

Attention ! Vivre plus longtemps ne signifie pas vivre en meilleure santé. Au contraire : les femmes, dont l'espérance de vie en France est actuellement de 83,8 ans (contre 76,8 ans pour les hommes), sont, à âge égal, plus dépendantes que les hommes. Elles souffrent davantage de maladies invalidantes, telles que l'ostéoporose ou la maladie d'Alzheimer, et passent plus de temps à l'hôpital que les seniors masculins. Elles peuvent donc s'attendre à passer un plus grand nombre d'années avec des fonctions altérées, en particulier la marche et la vue. Ainsi, sur les 18 % de personnes âgées de plus de 75 ans considérées comme malades ou handicapées, deux tiers sont aujourd'hui des femmes.

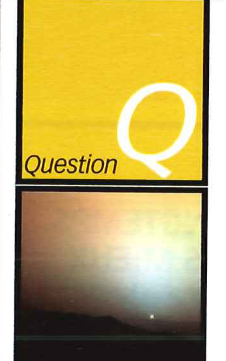
2 La cellule vieillit…

Au bout de quelques dizaines de divisions, les télomères deviennent très petits. S'ils sont trop courts, la cellule devient sénescente, stoppe sa division et meurt.

3 … mais les œstrogènes réparent l'ADN

Chez la femme, les œstrogènes renforcent la production de l'enzyme télomérase, qui rallonge les télomères. L'ADN est réparé, la durée de vie des cellules est prolongée.





Quelle est exactement la couleur du ciel de la planète Mars ?

Question de Pascal Chopin, Paris XIVe



Réponse R

Si vous posiez cette question à un Martien, il vous répondrait que "*cela dépend des jours, et de la région où vous contemplez nos beaux paysages, et encore de la saison pendant laquelle vous visitez notre planète !*" Car le ciel de Mars, comme celui de la Terre, est très changeant... L'atmosphère martienne est principalement composée de dioxyde de carbone (CO_2), ce gaz à effet de serre qui préoccupe tant les Terriens. L'épaisseur de sa couche la plus dense avoisine, comme celle de la Terre, la douzaine de kilomètres. Et sa pression est plus de cent fois plus faible que la pression atmosphérique terrestre... Dans ces conditions, cette atmosphère est le siège d'une météorologie complexe et des nuages, des brouillards composés de gaz carbonique et de vapeur d'eau, envahissent souvent les paysages martiens.

Et la couleur du ciel, alors ? La question est plus complexe qu'il n'y paraît... Nous pourrions, par exemple, essayer de nous faire une idée en contemplant les magnifiques paysages martiens photographiés par les cinq sondes de la Nasa – *Viking 1* et 2, *Mars Pathfinder, Spirit* et *Opportunity* – qui se sont posées aux quatre coins de la planète rouge. Sauf qu'il n'est pas facile de se faire une opinion. En fonction de l'éclairage, le ciel apparaît ici franchement orangé, là rose saumon, ou encore jaune pâle, ou brun clair, voire, sur certaines images, argenté ou bleuté...

La difficulté d'interprétation de ces images vient du fait que la plupart d'entre elles montrent le ciel au-dessus de l'horizon, là où l'absorption et la diffusion atmosphérique sont les plus intenses. Regardez le ciel, sur Terre, au-dessus de l'horizon : vous le verrez blanc, gris, vaguement bleuté, mais rarement du bleu franc qui donne son nom à notre planète...

ATMOSPHÈRE, ATMOSPHÈRE...

D'ailleurs, pour comprendre ce qui se trame dans l'atmosphère de la planète rouge, voyons ce qui se passe dans celle de la planète bleue. Si le ciel est bleu sur Terre, c'est que les molécules d'oxygène et d'azote qui composent l'atmosphère diffusent mieux la lumière de courte longueur d'onde émise par le Soleil. En clair, la lumière bleue du Soleil est diffusée dans toutes les directions par l'air, alors que la lumière rouge, de plus grande longueur d'onde, le traverse sans être diffusée.

En théorie, cette diffusion, dite de Rayleigh, devrait jouer sur Mars le

Tout dépend de l'altitude...

même rôle que sur Terre, le CO_2 remplaçant l'O_2, et le ciel devrait y être… bleu ! Alors pourquoi les caméras des sondes nous le montrent-elles plutôt rose, ocre, orangé ?

D'abord, pour se faire une idée plus claire de la couleur du ciel de Mars, il faudrait que les caméras se redressent bien au-dessus des paysages, ce qu'elles ne font pour ainsi dire jamais… Ensuite, nos Martiens ont déjà partiellement répondu à la question : "*Ça dépend des jours*". En fait, la couleur du ciel martien dépend de la transparence de son atmosphère et celle-ci est liée à la météo : lorsque le vent souffle, il soulève la poussière du désert. Riche en oxydes de fer, elle est de couleur orangée, brune, rouille : c'est elle qui donne alors sa couleur au ciel de Mars. Parfois, au cours de violentes tempêtes, l'atmosphère martienne est tellement chargée en poussière que le Soleil n'est plus visible ! Ainsi, à cause de son atmosphère le plus souvent poussiéreuse, le ciel de Mars apparaît de couleur "chaude" : rosé, jaune, brun, orangé… Mais ce camaïeu subtil de teintes fauves change en fonction de la hauteur à laquelle on lève les yeux ou les antennes, sur Mars. Au zénith, par exemple, le ciel doit être très souvent bleu pastel, voire bleu nuit, violine… **S.B.**

Basse atmosphère martienne

B.BOURGEOIS - GOURSAC/NASA - COSMOS



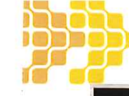


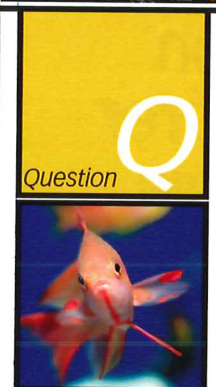
Peut-on récupérer l'énergie d'un volcan ?

Réponse & R

Question de Julien Serre, Carrières-sur-Seine (78)

La réponse est oui… indirectement ! Car il n'est pas question de récupérer la chaleur des laves en fusion au fond du cratère ou s'écoulant le long des flancs du volcan : peu de matériaux résisteraient à leur température, qui dépasse les 1 000 °C. Cependant, la présence d'un volcan, et de sa chambre magmatique (le réservoir de roches en fusion situé à quelques kilomètres de profondeur), constitue une source de chaleur exploitable qui diffuse dans les roches alentour. "*En moyenne, la température du sous-sol augmente avec la profondeur de 33 °C par kilomètre,* décrit Albert Genter, chercheur au Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM). *Mais, dans les régions volcaniques, il est possible d'observer des gradients thermiques dix fois plus élevés. A Bouillante, en Guadeloupe, on atteint même les 240 °C dès 300 m de profondeur !*" Pour un forage à 2 km de profondeur par exemple, on accède à des roches et à des nappes d'eau plus chaudes dans une région volcanique que dans une région inactive comme le Bassin parisien : la température avoisine 200 à 300 °C dans le premier cas, 80 °C seulement dans le second. De quoi assurer le chauffage et l'eau chaude à de nombreux Franciliens… mais pas produire de l'électricité. Dans les régions volcaniques, en revanche, l'eau extraite des profondeurs est sous forme de vapeur ou d'un mélange liquide-vapeur, ce qui permet de faire tourner des turbines pour générer de l'électricité. On parle de "géothermie haute énergie", car la température de l'eau dépasse 150 °C. La première démonstration remonte à 1904, à Larderello, en Italie, où cinq ampoules furent alimentées à partir d'électricité produite grâce à cette vapeur. Un siècle plus tard, la géothermie assure 25 % de la consommation électrique de la Toscane ! Dans ce cas précis, la source de chaleur ne provient pas d'un volcan mais d'un granite (un magma qui n'a pas atteint la surface et refroidit lentement) situé à 5 km de profondeur. De nombreux pays abritant des volcans ont depuis adopté la géothermie haute énergie : Islande, Russie, Etats-Unis, Mexique, Japon, Philippines, Nouvelle-Zélande… Au total, la puissance électrique installée approche les 9 000 MW, et 50 millions de personnes consomment aujourd'hui de l'électricité issue de la chaleur de la Terre. Quant au futur de la géothermie, il réside dans l'exploitation de réservoirs de fluides supercritiques, qui sont soumis à des températures et à des pressions très élevées. Un projet islandais envisage ainsi d'extraire des fluides entre 450 et 600 °C, sous des pressions de 230 à 350 bars, qui sont situés juste au-dessus de la chambre magmatique du volcan Krafla. "*Un seul forage pourrait produire 50 MW, contre 5 MW pour de la géothermie conventionnelle*", indique Albert Genter. Mais l'exploitation de ces gisements n'est pas pour demain, car il faut d'abord développer des technologies capables de supporter les conditions extrêmes qui y règnent… **B.B.**





Question

Comment parvient-on à déterminer l'âge exact d'un poisson adulte ?



Question de Paul Moulin, Paris

Réponse R

Peut-être le savez-vous, d'où votre question : il est interdit de pêcher les poissons en dessous d'une certaine taille pour les laisser atteindre l'âge de la reproduction. Oui, mais déterminer leur âge exact est une autre histoire. Et de fait, c'est l'objet d'une science particulière, la sclérochronologie, qui consiste à analyser les structures calcifiées dans le corps des poissons : les écailles, les rayons osseux des nageoires, et les otolithes, ces petites pierres de carbonate de calcium logées dans l'oreille interne, qui servent à l'équilibration et à l'audition, comme nos osselets. Car ces éléments, à l'instar des cernes des troncs d'arbres, possèdent des stries de croissance.

Cependant, les écailles et les rayons osseux des nageoires peuvent être remaniés au cours de la vie du poisson, en fonction de ses besoins en minéraux. Seules les otolithes – littéralement "pierre d'oreille" – ne subissent pas ces changements. Ce sont donc les meilleurs informateurs pour les sclérochronologistes.

En pratique, il s'agit de prélever derrière le cerveau du poisson la plus développée des trois paires d'otolithes, de réaliser une coupe transversale avec une scie spéciale, puis de compter les zébrures au microscope. Et pour cause : chaque jour, il se forme un dépôt de carbonate de calcium qui vient grossir la petite pierre, si bien que chez un cabillaud de 30 cm, par exemple, l'otolithe mesure environ 1 cm de long.

UNE MÉTHODE TRÈS FIABLE

Lorsqu'on connaît la date de la mort du poisson (la dernière marque au bord de l'otolithe), on peut donc compter le nombre d'accroissements journaliers, et même remonter jusqu'au jour exact de l'éclosion ! Une technique visuelle datant de la fin du XIXe siècle, mais devenue très fiable grâce à l'assistance de l'ordinateur pour le traitement de l'image et l'analyse des formes des stries otolithiques.

Mais à quoi bon effectuer ce travail puisque le goût des poissons n'est pas affecté par l'âge ? En fait, étudier l'âge des poissons dans une zone donnée permet de réaliser des études démographiques et d'évaluer les stocks disponibles en vue d'établir les quotas de pêche. En outre, l'étude des otolithes apporte des informations sur la vie de l'animal (périodes de reproduction, de pénurie alimentaire), et l'analyse chimique des pierres évalue les pollutions par les métaux lourds. **M.C.**

R.DIRSCHERL/BIOSPHOTO

Carte postale…

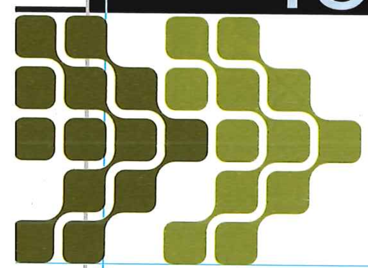


… *de Victor Buczynski, Paris*

Les moustiques peuvent-ils transmettre le sida ?

S&V *Votre inquiétude est légitime, puisque les moustiques sont les principaux vecteurs du paludisme, de la fièvre jaune, de la dengue ou du chikungunya. Mais rassurez-vous, ils ne transmettent pas le VIH, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il y a statistiquement peu de risque pour que le virus du sida soit prélevé par le moustique, la charge virale dans le sang d'un séropositif étant relativement faible ; ce qui n'est pas le cas avec le paludisme, par exemple, dont les protozoaires responsables de la maladie se trouvent en très grande quantité dans le sang. Si, toutefois, le VIH se retrouvait dans le "repas" du moustique, plusieurs expériences ont montré qu'il est digéré et détruit en moins de vingt-quatre heures par les enzymes stomacales des moustiques. Et au cours de ce laps de temps ? "Les moustiques ne sont pas des seringues volantes", explique Paul Reiter, responsable de l'équipe Insectes et maladies infectieuses à l'Institut Pasteur. Leur trompe est constituée de deux canaux à sens unique. Lorsqu'un moustique pique une personne, il inocule de la salive anticoagulante par son canal salivaire et aspire du sang par son canal alimentaire. A aucun moment, il ne régurgite du sang de la piqûre précédente. Aussi, la piqûre d'un moustique ne peut transmettre un virus que si ce dernier se réplique dans les cellules du moustique et gagne ses glandes salivaires. Or, contrairement au virus de la dengue ou du chikungunya, le VIH est incapable d'infecter un moustique. Et c'est tant mieux…* **C.H.**

le point sur



La gestion du trafic routier

Grand sorcier des départs en vacances réussis depuis son invention en 1976 (voir "Un peu d'histoire"), Bison Futé prédit une journée noire pour le samedi 28 juillet: information bien utile pour préparer les transhumances estivales. Mais l'information routière est tout aussi utile au quotidien: en Ile-de-France, on comptabilise par exemple 16 millions de déplacements chaque jour rien que sur les voies rapides, et 150 km de bouchons récurrents.

SYSTÈMES AUTOMATISÉS

Depuis 1989, avec l'instauration du système informatique Sirius, une part croissante de la gestion du trafic est automatisée, du recueil de données jusqu'à l'information des usagers. Aujourd'hui, on dénombre 7 dispositifs similaires en France (voir "Bon à savoir"). Le système est également destiné à agir directement sur la circulation grâce à des dispositifs de gestion dynamique du trafic, comme la réduction de la vitesse maximale ou l'ouverture de voies supplémentaires (voir "Et demain").

La régulation de la circulation repose sur les informations recueillies par les 30 postes de gestion du trafic répartis sur le territoire, les Centres d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT). Ces derniers recueillent les données des sept Centres régionaux d'information et de coordination routières (CRICR), issues de systèmes de comptage, de caméras de vidéosurveillance et de détection automatique d'incidents (voir "Comment ça marche"). La région parisienne compte ainsi pas moins de 6 000 capteurs placés sous la chaussée et 790 caméras réparties sur 770 km de voies. Ces systèmes intègrent également les données ponctuelles résultant de l'observation du réseau par les services du ministère chargé de l'équipement, de la police et de la gendarmerie. Aujourd'hui, 2 500 km de voies rapides urbaines et d'autoroutes sont ainsi équipés, avec l'objectif de couvrir 5 000 km à l'horizon 2013. **Jean-Philippe Coll**

A.DAGAN

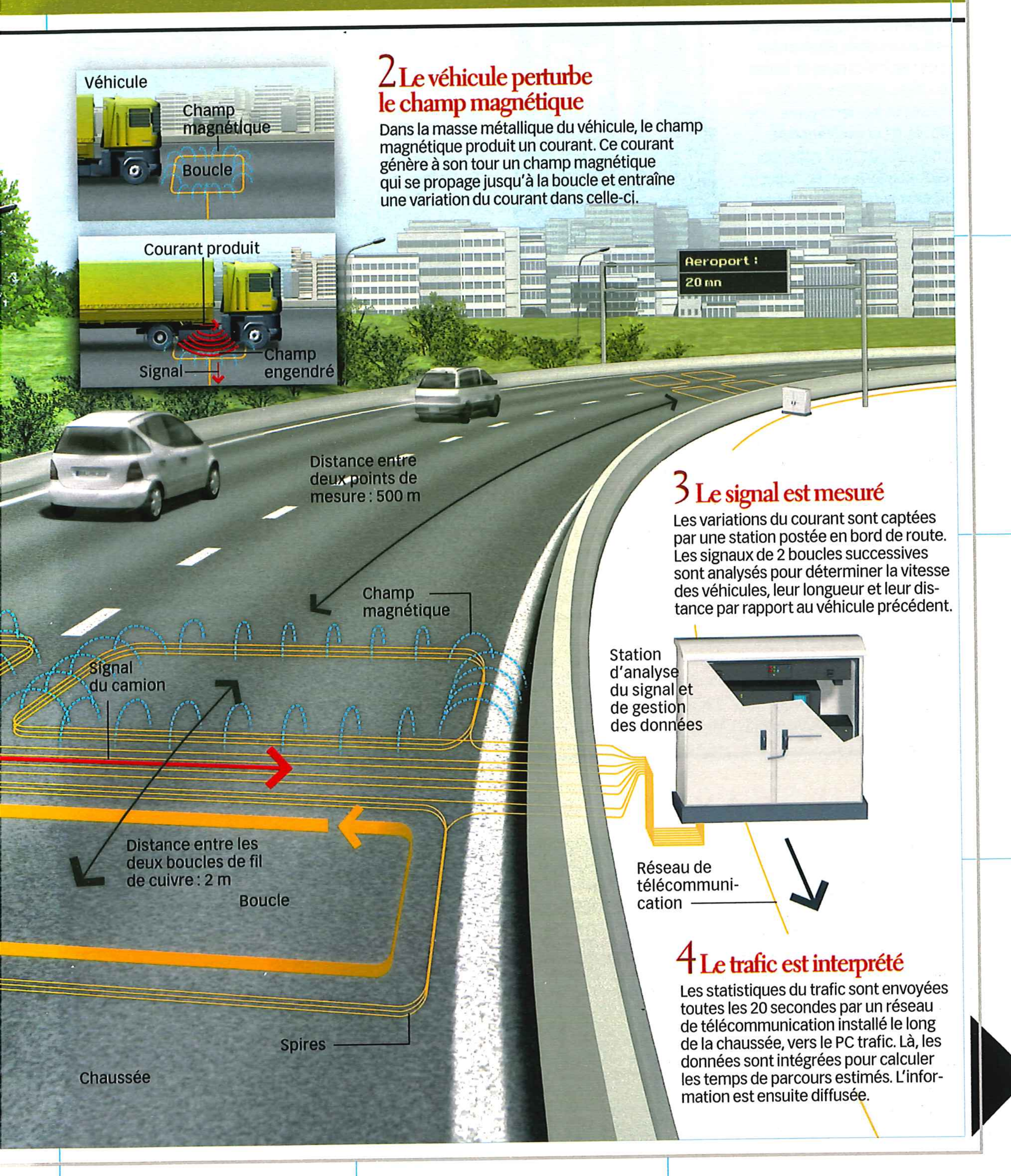
1 Une boucle émet un champ magnétique

Sous la chaussée, à 7 cm de profondeur, une boucle de fil de cuivre décrivant 3 à 4 tours (spires) est parcourue par un courant de 5 volts. La circulation du courant engendre un champ magnétique que les véhicules traversent.



COMMENT ÇA MARCHE

La clé de voûte de la surveillance du trafic routier ? Les boucles de détection. Ces capteurs, enterrés dans la chaussée, mesurent en temps réel tous les paramètres de la circulation. A savoir, la vitesse des véhicules, leur distance, le nombre de leurs essieux, leur taille, leur poids et même leur silhouette. Ces capteurs sont reliés à des stations enterrées à proximité. Toutes les données y sont analysées avant d'être renvoyées vers le PC de gestion du trafic.



2 Le véhicule perturbe le champ magnétique

Dans la masse métallique du véhicule, le champ magnétique produit un courant. Ce courant génère à son tour un champ magnétique qui se propage jusqu'à la boucle et entraîne une variation du courant dans celle-ci.

3 Le signal est mesuré

Les variations du courant sont captées par une station postée en bord de route. Les signaux de 2 boucles successives sont analysés pour déterminer la vitesse des véhicules, leur longueur et leur distance par rapport au véhicule précédent.

4 Le trafic est interprété

Les statistiques du trafic sont envoyées toutes les 20 secondes par un réseau de télécommunication installé le long de la chaussée, vers le PC trafic. Là, les données sont intégrées pour calculer les temps de parcours estimés. L'information est ensuite diffusée.

UN PEU D'HISTOIRE

Dès 1539, une ordonnance royale visa à réguler la circulation des charrettes et autres véhicules hippomobiles, en interdisant les dépassements et les demi-tours. Une police de la circulation se chargeait de faire appliquer la directive. Premier dispositif de régulation du trafic automobile, le feu rouge n'arriva que bien plus tard à Londres, en 1868, sous la forme d'une lanterne à gaz. Paris adopta pour sa part un système de disques rouges et blancs interchangeables manuellement. C'est le 5 août 1914 qu'apparaît le premier feu électrique à Cleveland, aux Etats-Unis, puis le 5 mai 1923, à Paris, au croisement des boulevards Sébastopol et Saint-Denis. Son fonctionnement est rudimentaire : quand le feu passe du vert au rouge, les automobilistes sont tenus de s'arrêter. Ils ne peuvent repartir que lorsqu'une sonnerie retentit. Cette alternance vert-rouge engendre des arrêts tellement brutaux que les accidents se produisent en série. Une amélioration nette de la gestion du trafic viendra avec ce que nous appelons communément le "feu rouge", une signalisation routière automatique à trois positions (trois couleurs), mise au point en 1923 par Garrett Augustus Morgan, dans le Tennessee, aux Etats-Unis. En France, le feu orange apparaît en 1934 et le signal sonore, source de nuisance pour les riverains, est abandonné.



Début du XXe siècle

< Les premiers feux de signalisation parisiens sont actionnés manuellement par un policier.



1910

> Dans les rues de Paris, les voitures à cheval sont encore majoritaires, et les règles de croisement, pas clairement définies, rendent la circulation difficile.

L'histoire de l'information routière commence, elle, en 1958. A l'époque, les ouvriers parisiens disposent d'un repos dominical et partent pique-niquer en forêt de Fontainebleau, ce qui provoque des bouchons interminables lors des retours. France Inter, en partenariat avec la gendarmerie, prend l'initiative de diffuser des "points routes" à partir du carrefour de l'Obélisque, où se croisent les N6 et N7. Le recueil des données est alors effectué par des agents sur le terrain. En 1968, les ministres de l'Intérieur, de la Défense, de l'Equipement et des Transports décident d'optimiser la gestion du trafic en regroupant leurs moyens respectifs de recueil, de traitement et de diffusion de l'information routière dans une structure interministérielle : le Centre national d'information routière (CNIR). A partir de 1972, celui-ci recueille les informations envoyées par les sept

BON À SAVOIR

Toutes les données recueillies par les sept centres répartis sur l'Hexagone et recouvrant chacun plusieurs régions administratives sont synthétisées au centre national de Rosny-sous-Bois, siège du célèbre Bison Futé (voir "Un peu d'histoire"). L'information est ensuite relayée vers le public par une batterie sans cesse grandissante de moyens : panneaux à message variable (PMV) installés sur les voies mais aussi médias classiques (journaux, télévision, radio...) ou numériques (téléphone, Internet, GPS).

LE GPS



Le service radio RDS-TMC (Radio Data System-Traffic Message Channel) donne des informations sur GPS ou PDA, réactualisées toutes les 3 minutes. Un service public est diffusé sans cryptage sur les autoroutes payantes. Deux services privés couvrent le reste des grandes voies : V-Trafic est présent sur toute la France, ViaMichelin Trafic, sur la région parisienne, les nationales et les périphériques des grandes agglomérations. Ces services sont gratuits, à condition de disposer de la fonctionnalité Info Trafic.

LES PANNEAUX À MESSAGE VARIABLE (PMV)



Disposés sur toutes les voies rapides, plus fréquemment en milieu urbain, ces panneaux visent à informer les automobilistes sur la situation du trafic et sa fluidité. Mais ils délivrent également des informations sur les travaux en cours, les éventuelles déviations, la présence d'accidents, les niveaux de pollution, etc. Pouvant bénéficier d'un rafraîchissement toutes les 20 secondes, les PMV contribueraient à abaisser de 5,2 % le volume des encombrements.

A.HARLINGUE-M. BRANGER/ROGER-VIOLLET - COLLECTION RIBIÈRE/SIPA - F.CEPAS/DSCR - DR



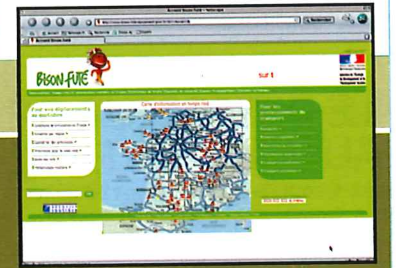


centres régionaux d'information et de coordination routières (CRICR) qui sont créés à Metz, Lyon, Bordeaux, Lille, Marseille, Rennes et Créteil. Et c'est au siège du CNIR à Rosny-sous-Bois (93) que le service d'information routière Bison Futé voit le jour le 31 juillet 1976. En fait, ce service est né en réaction à la journée du samedi 2 août 1975 qui avait vu la RN10 entre Paris et Bayonne congestionnée par 60 000 véhicules formant un bouchon de 600 km cumulés ! Bison Futé se donne alors pour mission d'aider les usagers à préparer leurs déplacements. Les automobilistes sont invités à décaler leur départ, les itinéraires bis sont amplifiés et Bison Futé dispense ses informations sur le trafic *via* la radio, la télévision et la presse écrite. Résultat, les vendredi 30 et samedi 31 juillet 1976, on observe une réduction de 73 % du nombre d'heures perdues sur les routes, un automobiliste sur quatre ayant suivi les conseils de Bison Futé. Sur les quinze jours les plus chargés de l'été, la perte de temps diminuera de 50 % !

1976

^ Pour éviter les interminables bouchons lors des chassés-croisés de l'été, le service d'information routière Bison Futé voit le jour.

LES MÉDIAS



Outre les "points route" réguliers de France 2 et les rappels dans la presse écrite à la veille des grands départs, Bison Futé dispose du réseau local France Bleu de Radio France et d'une fréquence radio (107.7 FM) pour informer en temps réel et couvrir 8 000 km d'autoroutes en France. Côté Internet, le site Bison Futé (www.bison-fute.equipement.gouv.fr) donne toutes les 6 minutes une vision globale du trafic. Il est relayé par d'autres sites comme Sytadin (www.sytadin.equipement.gouv.fr) pour l'Ile-de-France, Coraly (www.coraly.com) pour Lyon, Le pilote pour Marseille (www.lepilote.com)... Les sociétés d'autoroutes ont également développé des sites. Enfin, Bison Futé possède un service audiotex 0 826 022 022 (0,15 €/minute).

ET DEMAIN...

UNE GESTION DYNAMIQUE

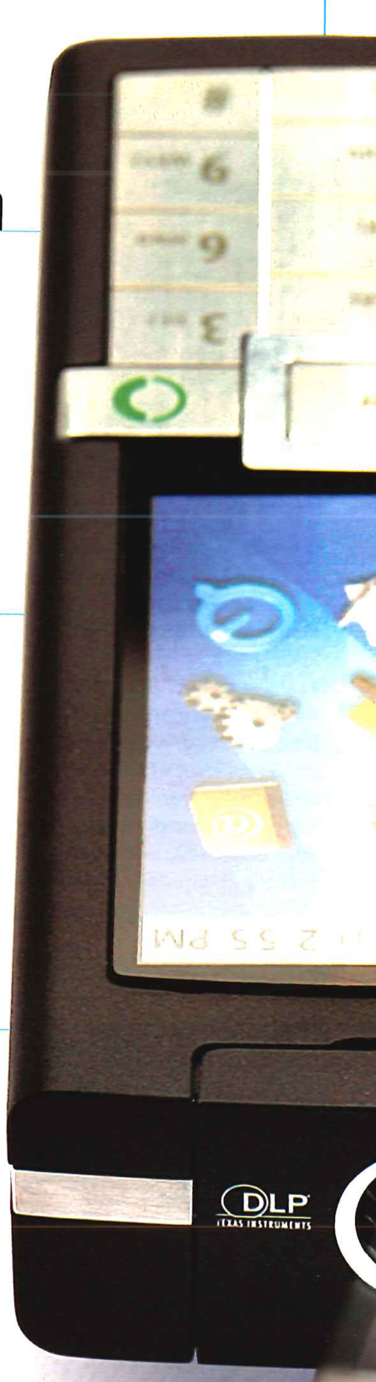
Le trafic en France ne cesse d'augmenter (70 % de plus en trente ans en région parisienne !), les voies de circulation doivent donc s'adapter *via* l'adoption de systèmes de gestion dynamique du trafic. Des glissières mobiles d'affectation (GMA) sont testées depuis juillet 2005 sur le tronc commun A4-A86 en région parisienne. Le cas le plus courant est celui d'une chaussée à double sens de circulation et à plusieurs voies dont une ou plusieurs sont utilisées dans un sens ou dans l'autre, suivant le trafic. La réduction des congestions est estimée à près de 50 %. Il est également possible d'ouvrir la bande d'arrêt d'urgence : 20 000 usagers quotidiens du tronc commun A4-A86 ont ainsi pu gagner de 10 à 15 minutes. Sur l'A86, la régulation d'accès aux voies rapides est également à l'essai. Lorsque les capteurs détectent une densité de circulation critique, un feu tricolore installé sur la bretelle d'accès fait patienter les véhicules et ne les libère qu'au moment opportun ou quand la bretelle est saturée. Cette solution permet une augmentation de la capacité de l'axe de 5 % et une réduction de la congestion de 15 % (la vitesse sur la portion concernée augmentant alors de 10 km/h). Enfin, depuis 2004, entre Vienne et Orange, une expérimentation de régulation des vitesses par abaissement de la vitesse maximale autorisée (par exemple 110 km/h au lieu de 130) menée sur l'autoroute A7 par les Autoroutes du Sud de la France (ASF) a donné des résultats concluants : le nombre d'accidents a baissé de 20 à 40 %, et le volume de bouchons a diminué de 15 à 30 %, soit 200 000 heures économisées. Harmoniser la vitesse des véhicules permet ainsi de fluidifier le trafic.



Un vidéoprojecteur au creux de la main

L'avènement des appareils mobiles (téléphones, ordinateurs, baladeurs multimédia) touche aussi les vidéoprojecteurs. Ainsi l'année dernière, Mitsubishi, Samsung ou encore Toshiba ont proposé des modèles de poche. Texas Instruments, à qui l'on doit l'invention du DLP (Digital Light Processing), technologie présente dans la majorité des vidéoprojecteurs, va encore plus loin, au point que son "pico-projecteur", dont le prototype a été présenté en mars au salon de la communication sans-fil CTIA Wireless (Orlando, Floride), peut désormais tenir dans le creux de la main ! Ce prototype assure la projection d'une image de la taille d'une page A4, avec une luminosité suffisante pour que l'opération soit réalisable en lumière ambiante. La résolution HVGA (640 x 240 pixels) est quatre fois supérieure à celle des écrans de la majorité des téléphones portables. La société américaine n'envisage pas de passer elle-même à l'étape de la commercialisation, mais de la confier à des constructeurs tiers, qui pourront décider d'intégrer cette technologie à leurs produits nomades ou proposer des vidéoprojecteurs miniatures pouvant s'adapter à divers appareils. Ils devront aussi choisir une source lumineuse : LED ou laser, les deux seules possibles pour un tel usage (lumières "froides"). A moins qu'avant la mise sur le marché du pico-projecteur, une nouvelle source dédiée ne soit mise au point... Ce marché émergeant est plutôt prometteur : il devrait dépasser, d'ici à 2010, le million d'unités vendues, selon le cabinet d'études international Pacific Media Associates. **J.H.**

Date de mise en vente et prix encore inconnus.
Rens. : www.dlp.com

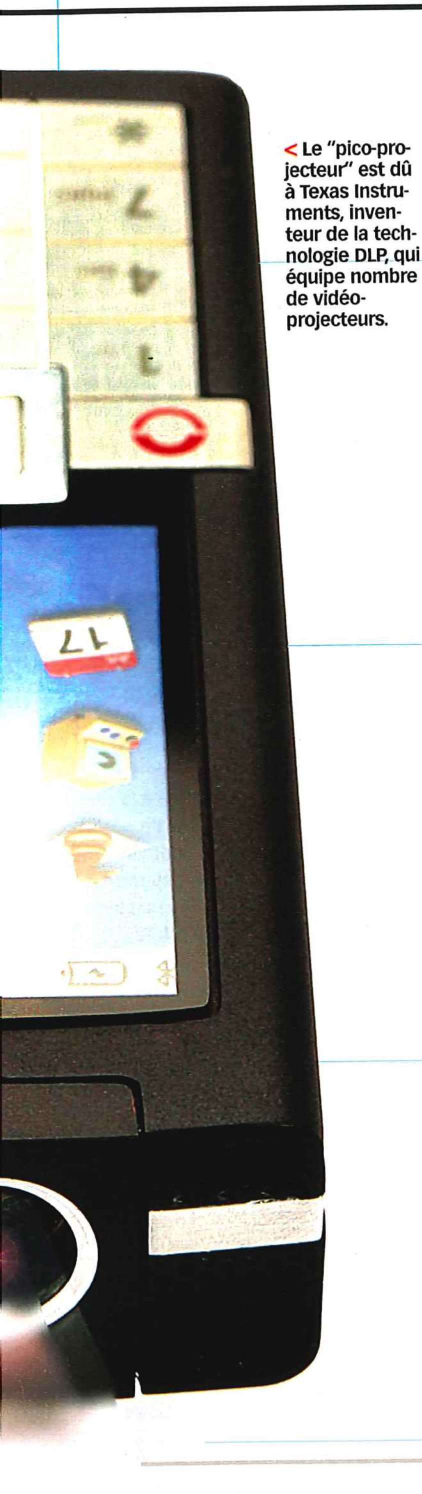


LE DÉTECTEUR DE RÉSEAU WI-FI EXTERNE

En déplacement, comment savoir si un réseau wi-fi est disponible à proximité pour pouvoir utiliser son ordinateur portable ? Le Sigma Wifi Finder apporte une réponse très pratique : ce petit boîtier détecte instantanément, où que vous soyez, la proximité d'un réseau. Il fonctionne avec deux piles de 3 volts, et allume ses diodes (de une à quatre) en fonction de l'intensité de réception du signal. Et, en cas d'absence totale de réseau, une diode rouge informe l'utilisateur. S.M.

Prix : env. 40 €.
Rens. : www.attitudesnews.fr/sigma-wifi-finder-p985.html

DR



< Le "pico-projecteur" est dû à Texas Instruments, inventeur de la technologie DLP, qui équipe nombre de vidéo-projecteurs.

Ça change la vie…

La fixation universelle pour bâches

Fini les abris qui s'envolent au moindre coup de vent ! Adieu les vieux pneus défigurant l'environnement des campagnes, qui servent à bloquer des bâches sur des ballots de paille ou des tas de bois… Qu'il s'agisse d'un toit, d'une piscine, d'un camping-car… pour fixer une toile de protection sur un support sans l'endommager, Pierre Trotoux a inventé le Clacpack. Il a fondé l'entreprise Astumania afin de commercialiser cette pince en plastique très fine dotée d'une particularité astucieuse : elle tend fermement la toile, sans y faire le moindre trou. Son secret ? Il est dû à une forme particulière, que son inventeur a trouvée par hasard en incurvant un ticket de métro entre son pouce et son index… Il s'agit d'un profil concave en aluminium avec une plaque flexible en Inox, capable de pincer des matériaux sur une surface très large. A cette pince est attaché un tendeur (sandow) pour fixer facilement le système à un support. Le Clacpack a déjà remporté plusieurs prix, notamment au concours Lépine de la Foire de Paris. Conçu initialement en aluminium, il se décline, cet été, en version plastique, moins chère et capable de saisir des revêtements souples plus épais (jusqu'à 1 millimètre d'épaisseur). **M.V.**

Prix : env. 3 € avec un sandow.

Rens. : www.astumania.com



> Le profil concave du Clackpack permet de pincer largement la toile sans l'abîmer.

Le cinéma et la télévision partout

En voyage, rien de plus simple que de regarder des DVD ou sa série préférée avec le DDT-765A de Yamada. Ce lecteur DVD portable affiche en effet des DVD vidéo et des DivX sur son écran LCD de 7 pouces, au format 16/9e. Il peut également être relié au téléviseur du salon. Mais, ce n'est pas tout… Car ce lecteur possède deux tuners TV : un tuner TNT qui capte les chaînes numériques et un autre analogique pour profiter de la télévision là où la TNT n'est pas disponible.

L'appareil peut également afficher des images JPEG et diffuser des fichiers audio (CD et MP3) depuis un CD, un DVD, une carte mémoire ou toute mémoire de stockage disposant d'une connexion USB. Il est bien entendu alimenté par une batterie rechargeable, et dispose d'une prise allume-cigare utile pendant les longs trajets en voiture.

J.H.

Prix : env. 180 €.
Rens. : www.yamada.fr



> Son écran de 7 pouces au format 16/9e affiche DVD, télévision analogique et TNT.

Une station qui crache tous les sons

Sous son aspect insolite, le Dragon I est une station d'écoute. Elle est due à la société Smart Design, spécialisée dans les accessoires multimédia, qui commercialise cette station composée de quatre haut-parleurs implantés sur des tubes flexibles, et dotée d'une puissance acoustique de 4 x 5 watts, pour une fréquence de 60 Hz maximum. Le Dragon I est compatible avec de nombreux appareils (lecteurs MP3, consoles de jeu PSP, ordinateurs portables…) ayant une sortie audio et munis d'une prise mini-jack. La flexibilité des enceintes autorise des formes géométriques originales, en fonction de ses goûts et de ses humeurs !

S.M.

Prix : env. 230 €.
Rens. : www.sadim.fr/smart

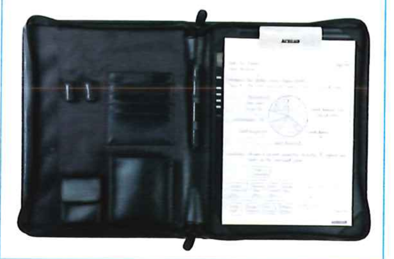
< Doté de haut-parleurs flexibles, le Dragon 1 accueille PSP, lecteurs de MP3, etc.

DR

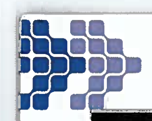
LES NOTES MANUSCRITES COPIÉES SUR PC

Le Digimemo diffusé par Axantis est une tablette dotée d'un système électromagnétique qui enregistre fidèlement les notes écrites à la main sur une simple feuille de papier A4 en détectant les mouvements du stylo. Lorsqu'on connecte ensuite l'appareil à un PC, les pages enregistrées sous forme d'images sont transformées en fichiers Word par un logiciel de reconnaissance de caractères. Grâce à ses 8 Mo de mémoire et son autonomie d'une centaine d'heures, le Digimemo peut stocker jusqu'à 80 pages. **C.H.**

Prix : env. 120 €.
Rens. : www.axantis.fr




13
SAV échange express
c'est bon de pouvoir compter sur quelqu'un
avec le coffret mobile Orange, un conseiller client vous dépanne par téléphone et propose de vous livrer gratuitement et sous 48h un mobile de remplacement à l'adresse de votre choix en France métropolitaine*.
www.orange.fr
open: "s'ouvrir"
Offre soumise à conditions, valable en France métropolitaine.
*Service valable un an, dans la limite de la garantie.
Orange France, SA au capital de 2 096 517 960 € - RCS Créteil 428 706 097.
open
orange™



UN COLLIER-BALISE POUR SON CHIEN



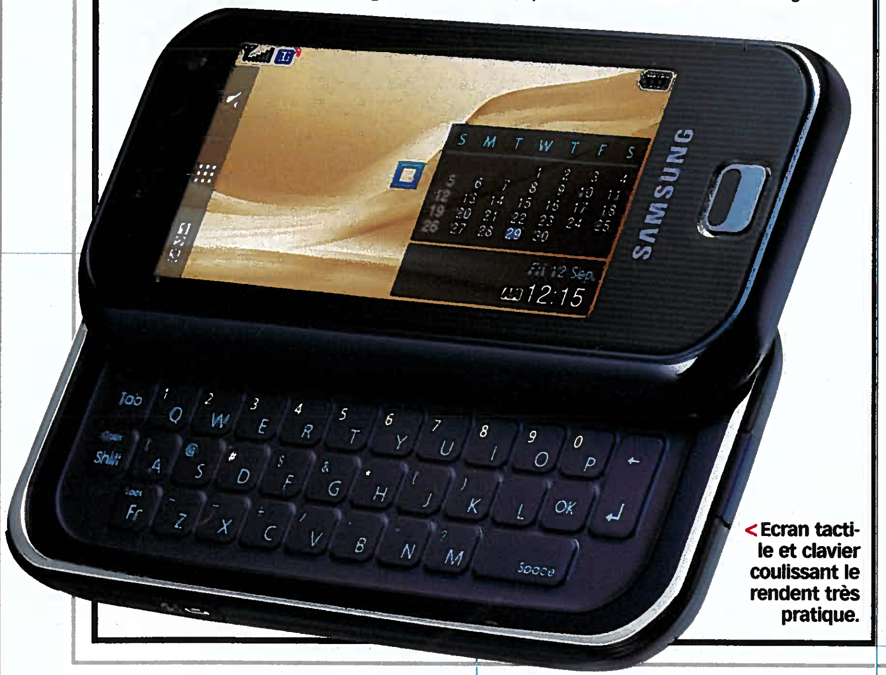
Un nouveau service de géolocalisation permet de retrouver instantanément les toutous égarés. Accrochée au collier de l'animal, une petite balise GSM/GPS d'une autonomie d'une semaine permettra à son propriétaire de savoir où il se trouve vingt-quatre heures sur vingt-quatre, *via* son PDA, téléphone mobile ou sur un site Internet de cartographie. Proposé par les vétérinaires, le système Tracedog est né d'une collaboration technique entre Bouygues Telecom, Microsoft, Dreamap et Geocalise. **S.M.**

Prix : 375 € + abonnement à partir de 13,50 €/mois. Rens. : www.tracedog.fr

Le tout-en-un ultraplat

Dans son boîtier fin, l'Ultra Smart F700 de Samsung réunit une belle panoplie de fonctions. Il est compatible avec les normes GSM, GPRS, Edge, UMTS, mais aussi avec la toute dernière HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access, ou "3,5G"). Avec cette dernière, il atteint un débit de 7,2 mégabits par seconde : télécharger des fichiers de 4 Mo prendra seulement 4,4 secondes ! Il permet évidemment de surfer sur Internet, mais aussi de lire des vidéos (Mpeg 4, H.263, H.264, Real) ainsi que des fichiers audio (MP3, AAC, Real), dans de très bonnes conditions grâce à l'écran tactile, grand format de 2,78 pouces (résolution de 440 x 240 pixels en 262 000 couleurs). La technologie "VibeTonz" inédite de l'écran donne l'impression, par de légères vibrations, que l'on appuie réellement sur des boutons, en fait virtuels. Le F700 dispose d'un clavier Azerty coulissant, pratique pour exploiter les usages texte (SMS, navigation et formulaires Web, etc.). L'Ultra Smart F700 est aussi un véritable appareil photo numérique, disposant d'une résolution de 5 mégapixels, avec une mise au point autofocus. Un vrai tout-en-un ! **J.H.**

Prix : env. 500 €.
Rens. : www.samsung.fr



< Ecran tactile et clavier coulissant le rendent très pratique.

Le "cube" qui rend le frigo écolo

Quand on ouvre la porte d'un réfrigérateur, l'air à l'intérieur de l'appareil se réchauffe plus vite que les aliments. Comme c'est la température de l'air qui est justement prise en compte par le thermostat pour déclencher le circuit de refroidissement, l'appareil a tendance à se mettre en marche inutilement. Pour éviter ce gaspillage, l'entreprise Ecube-distribution a inventé un système étonnant : l'e-cube. Fixé au détecteur de température, ce petit appareil simule un aliment, permettant ainsi au réfrigérateur de réagir à la seule température des aliments. Résultat : le moteur se met moins souvent en marche. Après avoir installé l'e-cube sur ses 140 réfrigérateurs et congélateurs, un grand hôtel londonien a annoncé avoir réalisé 30 % d'économie d'énergie. Quant à la société Ecubedistribution, elle assure que si son appareil équipait les 87 millions de réfrigérateurs des foyers britanniques, quelque deux millions de tonnes de dioxyde de carbone ne seraient pas déversées dans l'atmosphère chaque année ! **C.H.**

Prix : env. 45 €.
Rens. : www.ecubedistribution.com

DR


Votre potentiel, notre passion.™
Microsoft
McCANN
Jour 1
Aujourd'hui, ne sera pas
une journée comme les autres.
OFFICE2007.FR
Un nouveau jour, un nouveau départ.

^ La mini-caméra embarquée peut être reliée à un caméscope, un appareil photo, etc.

DES LUNETTES POUR SE FILMER EN ACTION

Courses en VTT, parapente, moto, 4x4... Pour filmer ses expériences sportives, Rip Curl a inventé Third Eye, une sorte de masque de ski avec une mini-caméra embarquée ! Connectée à un caméscope ou à un autre appareil de stockage (clé USB, lecteur MP3...), la caméra filme les exploits et transmet ses images au support de stockage, qui peut être protégé dans un sac. Les atouts de ce masque ? La légèreté : la caméra pèse à peine 60 g ; et la qualité de l'enregistrement, l'appareil étant équipé d'un capteur haute résolution CCD 1/3 de 480 lignes et d'un micro optionnel pour ajouter l'ambiance sonore aux images. En outre, ses quatre objectifs interchangeables permettent de faire face à toutes les situations. F.H.

Prix : env. 500 €.
Rens. : www.ripcurl.com

Un beau radio-réveil MP3

Ce radio-réveil est aussi une vraie station d'accueil pour n'importe quel lecteur MP3, équipée de deux haut-parleurs stéréo inclinables et d'une télécommande. Le IH26 de la société iHome est alimenté par le secteur, et il peut l'être en appoint par des piles. Et, quand tout le monde dort, la nuit, il recharge le lecteur MP3. D'une conception élégante, en noir ou en blanc, il trouvera naturellement sa place sur une table de chevet ou parmi les bagages des vacances (il est vendu avec une housse de voyage rembourrée). Deux précisions, cependant : l'appareil mesure 22 x 26 cm, ce qui peut poser problème quand on dispose d'une petite chambre ou lorsqu'il doit être casé dans une valise. Par ailleurs, bien que ses deux enceintes haute fidélité lui procurent une qualité audio honorable, l'IH26 ne remplacera pas une chaîne hi-fi de salon, pour peu que l'on soit un peu mélomane. **M.V.**

Prix : env. 100 €.
Rens. : www.comtrade.fr

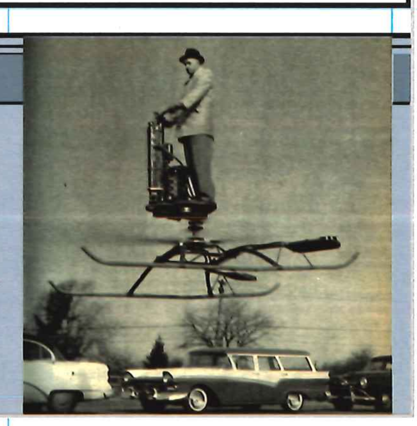


^ N'importe quel lecteur MP3 peut être connecté sur cette station d'accueil, qui est aussi un radio-réveil.

Il y a 50 ans...

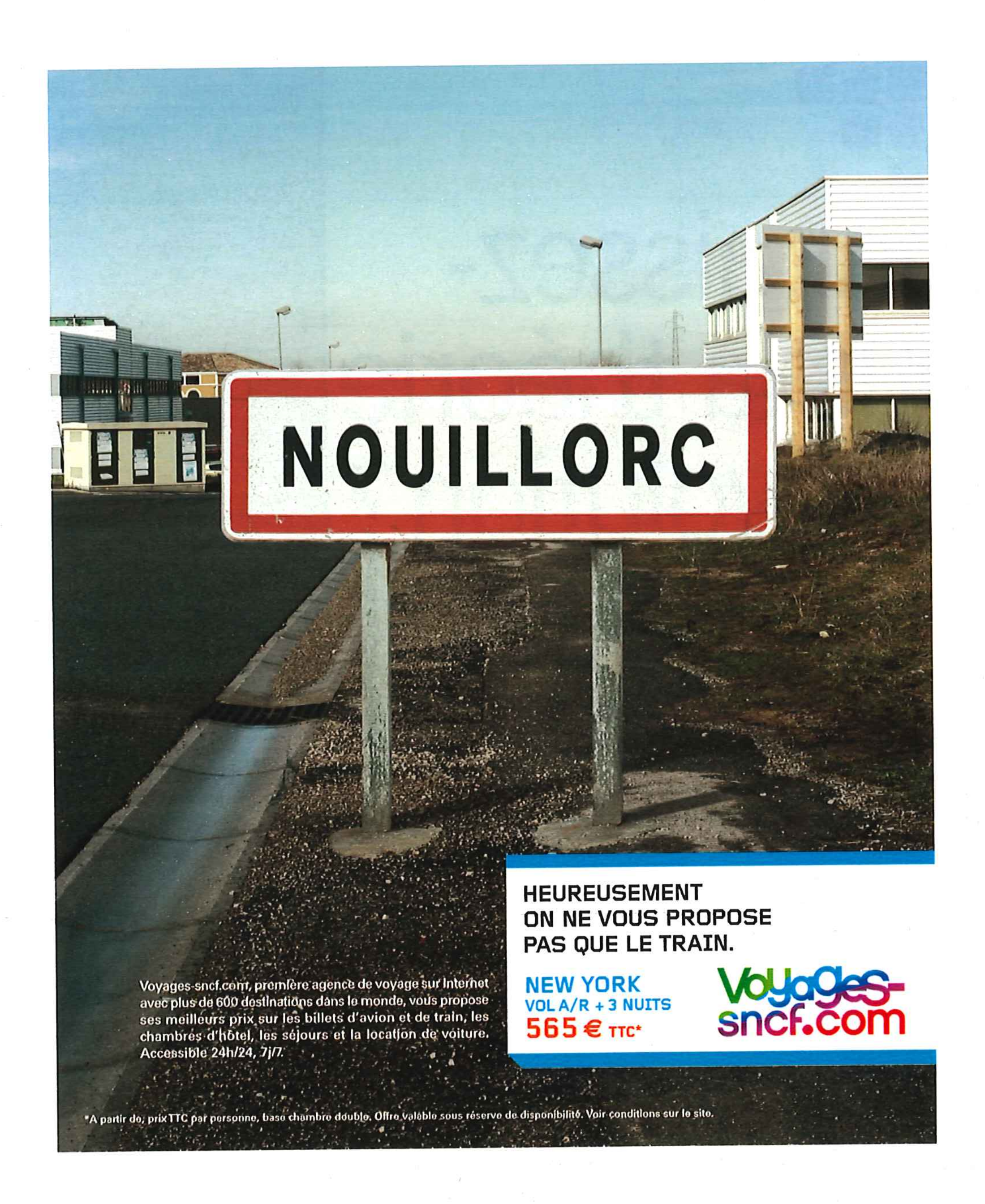


"Aujourd'hui il y a une multitude de femmes douées qui cherchent un débouché pour leur intelligence, affirme S&V. On dit qu'elles sont incapables de travailler dans l'abstraction... C'est en grande partie vrai, mais les exceptions sont trop nombreuses pour qu'on puisse dire qu'elles confirment une règle." Et des exemples le prouvent : Germaine Cousin, biologiste, a donné une généalogie aux grillons tandis que Rose Bonnet, astronome, a complété la carte du ciel... Egalement dans ce numéro, l'aérocycle, une bicyclette du ciel de 40 ch qui est une vraie parade aux embouteillages !



DR

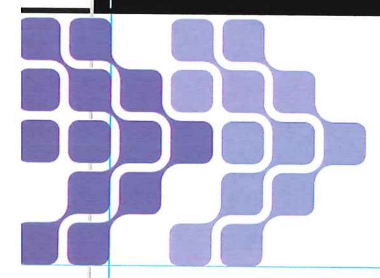
VOYAGES-SNCF.COM ET DDB PARIS REMPORTENT LE 22e GRAND PRIX DE LA PRESSE MAGAZINE



LE JURY A RÉCOMPENSÉ LA CRÉATIVITÉ ET LA PERTINENCE DE CETTE CAMPAGNE.

Par sa proximité et son affinité avec ses lecteurs, la presse magazine a su révéler l'humour des visuels et créer une vraie saga.

test



Connaissez-vous la théorie de l'évolution ?

"A la fin, ce sont les plus forts qui l'emportent et les plus faibles disparaissent." Voilà l'un des exemples d'interprétation spontanée de la théorie de l'évolution qui, pour être encore gravés dans bien des esprits, sont parfaitement erronés. C'est que la théorie de l'évolution, fondamentale pour comprendre l'histoire de la vie, reste mal comprise. Et pour cause : ses deux concepts clés – la sélection naturelle et la variation au hasard – ne sont pas simples à saisir. Il faut dire que le peu de temps qui lui est accordé au collège et au lycée ne permet pas d'en faire le tour. Et que, depuis sa première formulation par Charles Darwin en 1859, elle s'est complexifiée, étoffée par les découvertes récentes en génétique, biologie moléculaire, paléontologie, physiologie, géologie…

Des croyances prospèrent sur cette méconnaissance. Ainsi, les créationnistes, très actifs outre-Atlantique, affirment, se fondant sur la Bible, que la vie est née il y a 6000 ans… alors que paléontologues et géologues s'accordent à la dater à environ 4 milliards d'années.

Mais connaître la théorie de l'évolution ne se résume pas à savoir dater l'apparition du vivant. Afin que le concept n'ait plus de secrets pour vous, nous vous invitons à répondre aux questions suivantes, portant sur l'histoire, les fondamentaux et les bases génétiques de cette théorie. Vous saurez ainsi sur quel banc, du collège, du lycée ou de l'université, vous devriez vous asseoir pour parfaire vos connaissances scientifiques sur les mécanismes qui expliquent la richesse de notre biodiversité… A vos crayons ! **Safi Douhi**

■ P. 142 : interview de Anne Mamecier, inspectrice générale, groupe "sciences de la vie" à l'Education nationale.

B.MARTINEZ

1 UN PEU D'HISTOIRE…

Avant d'entrer dans le détail de la théorie de l'évolution, retour sur sa genèse *via* les questions suivantes (chaque bonne réponse vaut 1 point).

1. Qui est l'auteur de la théorie de l'évolution ?
- **a)** Charles Darwin
- **b)** Gregor Mendel

2. De quand datent les premiers écrits sur l'évolution ?
- **a)** de l'Antiquité
- **b)** du siècle des Lumières, dans l'*Encyclopédie*
- **c)** du XIXe siècle, avec les débuts de la paléontologie

3. Quand la théorie de l'évolution a-t-elle été énoncée ?
- **a)** au XVIIIe siècle
- **b)** au XIXe siècle

4. A partir de quelles preuves son auteur l'a-t-il établie ?
- **a)** sans preuve, ce n'est qu'une théorie
- **b)** à partir de l'observation de fossiles

5. A quelle(s) théorie(s) s'opposait-il alors ?
- **a)** au transformisme de Jean-Baptiste de Lamarck
- **b)** au fixisme de Carl von Linné

6. Sous quel nom désigne-t-on aujourd'hui la théorie de l'évolution ?
- **a)** néodarwinisme
- **b)** gradualisme
- **c)** fixisme
- **d)** multirégionalisme

7. Quel(s) chercheur(s) ont contribué à son développement et à sa compréhension ?
- **a)** Stephen Jay Gould et Niles Eldredge
- **b)** James Watson et Francis Crick
- **c)** Gregor Mendel

2 LE B.A.BA

Il est temps maintenant de plonger dans le cœur du sujet... Révisez les bases de la théorie de l'évolution des espèces en répondant aux questions suivantes (chaque bonne réponse vaut 1 point).

1. De quoi traite cette théorie ?

a) des liens qui unissent tous les êtres vivants

b) de la place des êtres humains dans l'organisation du vivant

2. Quelle est son principe fondamental ?

a) le principe de sélection naturelle des espèces

b) le principe de transformation des espèces

c) le principe d'adaptation des espèces

3. D'ailleurs, qu'est-ce qu'une espèce ?

a) un groupe d'individus interféconds et proches génétiquement

b) un groupe d'individus ayant un ancêtre commun

4. L'évolution est-elle le fruit du hasard ?

a) oui, elle repose sur l'apparition aléatoire de nouveaux caractères

b) non, elle repose sur l'adaptation des êtres vivants à leur environnement

5. Quel est le degré de parenté entre l'homme et le chimpanzé ?

a) Ils sont frères, leur patrimoine génétique diffère de moins de 2 %

b) Ils sont cousins, trop éloignés génétiquement pour faire partie de la même lignée

6. Les êtres vivants évoluent-ils ?

a) oui, ils subissent des modifications au cours de leur vie, en vieillissant par exemple

b) non, les organismes n'évoluent pas : ils se reproduisent ou bien ils disparaissent

7. L'évolution améliore-t-elle les êtres vivants ?

a) oui, l'apparition de l'homme en est la preuve flagrante

b) non, puisqu'elle se fait au hasard

8. La théorie de l'évolution permet-elle de construire la généalogie de toutes les espèces ?

a) oui, elle est universelle

b) non, certaines espèces n'ont jamais évolué

9. A quoi cette généalogie ressemble-t-elle ?

a) à un arbre

b) à un buisson

10. La théorie de l'évolution permet-elle de prévoir l'évolution des espèces ?

a) oui, au regard des évolutions passées et des données prévisionnelles concernant l'environnement

b) non, chaque étape est une surprise

11. L'homme est-il le sommet de l'évolution ?

a) oui, il est le seul à penser

b) non, il n'en est qu'une étape

12. La théorie de l'évolution explique-t-elle l'apparition de la vie ?

a) oui, puisqu'elle décrit l'apparition des espèces vivantes

b) non, elle ne fait que décrire les mécanismes qui permettent sa subsistance

13. La théorie de l'évolution est-elle en conflit avec des croyances religieuses ?

a) oui, puisque certains textes parlent de Dieu créant, en six jours, la Terre et les créatures qui la peuplent

b) non, puisque création et évolution sont deux notions indépendantes

14. Le dessein intelligent s'oppose-t-il à la théorie de l'évolution ?

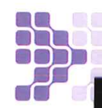
a) oui, il réfute la sélection naturelle

b) non, il en est l'une des composantes

1. RÉPONSES : (total 10 pts)

Calculez votre nombre de points et notez-le.

1. **a)** Sir Charles Robert Darwin est l'auteur de la première théorie biologique de l'évolution. Gregor Mendel a initié les premiers travaux de génétique.
2. **a)** C'est bien dans l'Antiquité grecque que l'on trouve les premières hypothèses sur l'évolution. Nombreux étaient ceux qui croyaient que les êtres vivants se transformaient pour en donner d'autres. Aristote, lui, défendait la "génération spontanée", soit l'apparition "magique" de nouveaux êtres.
3. **b)** Au XIXe siècle (1859), dans l'ouvrage de Darwin intitulé *De l'origine des espèces par la sélection naturelle*.
4. **b)** Darwin a passé cinq ans, de 1831 à 1836, sur le navire de recherche britannique *Beagle* parti faire des relevés cartographiques de la Patagonie. De l'Australie aux Galápagos, il pourra observer les fossiles d'espèces disparues mais étrangement semblables à d'autres, vivantes. C'est au cours de ce voyage qu'il élabore sa théorie.
5. **a)** et **b)** Aux deux. A Lamarck qui croyait que les espèces anciennes étaient systématiquement remplacées par des nouvelles, et à Linné car ce dernier croyait que chaque nouvelle espèce était une création indépendante.
6. **a)** Bien que déjà ancienne, la théorie de Darwin reste la référence. Le néodarwinisme en est la forme moderne, après les quelques remaniements qu'elle a subis au cours du XXe siècle – notamment avec l'avènement de la génétique. Le gradualisme, autre théorie néodarwinienne selon laquelle les espèces évoluent progressivement, a été abandonné dans les années 70. Le fixisme est, quant à lui, l'antithèse du darwinisme : les espèces n'évoluent pas et sont donc "créées" indépendamment. Enfin, le multirégionalisme est une théorie qui concerne l'apparition d'*Homo sapiens*.





3 ET LA GÉNÉTIQUE DANS TOUT ÇA ?

La génétique est certainement la science qui, aujourd'hui, apporte la plus large contribution à la théorie de l'évolution des espèces... Comment ? Répondez aux questions suivantes (chaque bonne réponse vaut 1 point).

1. Peut-on extraire et analyser l'ADN des fossiles ?

a) oui

b) non

2. Qu'appelle-t-on l'horloge moléculaire ?

a) la fréquence des mutations génétiques de chaque espèce

b) la fréquence des variations dues aux rythmes circadien (alternance jour-nuit) et circannuel (alternance des saisons)

3. Cette horloge est-elle universelle ?

a) oui, toutes les espèces évoluent à la même vitesse

b) non, certaines espèces évoluent plus rapidement que d'autres

4. L'évolution concerne-t-elle seulement l'aspect morphologique des individus ?

a) oui, toutes les espèces ayant besoin des mêmes nutriments pour survivre, leurs métabolismes sont identiques

b) non, les fonctions physiologiques subissent aussi l'évolution

5. Les caractéristiques physiques et physiologiques des êtres vivants apparaissent-elles en réponse aux modifications de l'environnement ?

a) oui, c'est comme ça que les espèces survivent

b) non, elles apparaissent au hasard

6. Les modifications morphologiques d'une population sont-elles toujours expliquées par l'évolution ?

a) oui : ces modifications découlent de l'expression d'un patrimoine génétique hérité

b) non, d'autres phénomènes peuvent conduire à des variations dans l'expression des gènes

7. La sélection naturelle produit-elle des mutants capables de s'adapter ?

a) oui, elle entraîne l'apparition des individus les plus aptes à survivre

b) non, elle entraîne la propagation des caractères permettant la survie

8. Quel est le lien entre la sélection naturelle et la survie d'une espèce ?

a) les individus survivent parce qu'ils sont sélectionnés

b) les individus sont sélectionnés parce qu'ils survivent

9. La sélection naturelle conduit-elle toujours à une adaptation

7. **a)**, **b)** et **c)** Tous ! Stephan Jay Gould et Niles Eldredge, auteurs de la théorie des équilibres ponctués (1972), ont montré que la vision gradualiste de l'évolution n'était que partielle et qu'il existait des moments d'intense activité évolutive. Watson et Crick ont révélé la structure de l'ADN, support de l'hérédité (1953). Mendel est le premier à avoir compris, au milieu du XIXᵉ siècle, les mécanismes de l'hérédité.

2. RÉPONSES : (total 15 pts)

Calculez votre nombre de points et notez-le.

1. **a)** La théorie de Darwin est universelle et ne s'applique pas qu'aux humains. Darwin se méfiait d'ailleurs de l'anthropocentrisme, qu'il considérait comme un effet indésirable de la classification des êtres vivants.

2. **a)** La sélection naturelle est la base de cette théorie. Darwin avait compris que la concurrence vitale entre les espèces entraîne un tri des caractéristiques les plus avantageuses.

3. **a)** La notion d'espèce est un casse-tête. La définition la plus courante est celle d'espèce biologique : des individus pouvant se reproduire entre eux, au patrimoine génétique très proche et distinct de celui d'autres groupes.

4. **a)** Oui. Si Darwin admettait, comme Lamarck, qu'une partie des variations des caractères pouvait être due à des facteurs environnementaux, il était convaincu, sans pouvoir l'expliquer, que la majorité de ces variations se faisait totalement au hasard. L'histoire des sciences lui donnera raison.

5. **a)** et **b)** L'homme et le chimpanzé partagent 98,7 % de leur ADN. Une broutille pour certains chercheurs, qui les verraient bien faire partie de la même lignée évolutive. D'autres, majoritaires, considèrent qu'ils sont bien trop divergents pour ça.

6. **b)** Non. Pris individuellement, ils n'évoluent pas. La sélection naturelle affecte bien chaque individu mais se déploie à l'échelle d'une population et sur plusieurs générations.

7. **b)** L'évolution n'est pas un processus d'amélioration. Elle ne fait que sélectionner les individus les plus aptes à survivre.

8. **a)** Malgré l'absence de certains intermédiaires évolutifs et la présence de fossiles vivants (comme le cœlacanthe), les progrès de la science nous permettent aujourd'hui de tisser des liens, même très anciens, entre toutes les espèces vivantes.

9. **b)** On parle d'évolution "buissonnante", chaque espèce pouvant donner naissance à une multitude de nouvelles espèces.

10. **b)** Le hasard étant le principe de base de la théorie de Darwin, impossible de prévoir à quoi ressembleront les espèces futures.

11. **b)** Une telle idée n'a pas de sens dans cette théorie. C'est un jugement porté par l'homme lui-même et surtout développé, encore aujourd'hui, par les partisans d'une création divine.

12. **b)** L'évolution se contente de décrire la succession d'événements qui

parfaite d'une population au milieu dans lequel elle vit ?

a) oui, puisque chaque population vit dans un environnement bien défini

b) non, sinon toutes les populations disparaîtraient à chaque fois que l'environnement subit une modification

10. Etre le "plus adapté", c'est être "le plus rapide, le plus fort, le plus résistant" ?

a) oui, la loi du plus fort est universelle

b) non, être adapté, c'est transmettre ses gènes

11. La sélection naturelle tend-elle à réduire la diversité génétique ?

a) oui, car les mutations entraînent souvent la disparition d'individus ou d'espèces

b) non, car la plupart des mutations sont neutres

préfigurent l'apparition ou la disparition des espèces vivantes.

13. **a)** Pour certains croyants littéralistes, la Terre et les êtres vivants ont été créés il y a environ 6 000 ans, ce qui contredit toutes les données paléontologiques et géologiques connues. Le darwinisme se heurte depuis le XIXe siècle à de telles croyances.

14. **a)** La théorie du dessein intelligent, ou *intelligent design*, mentionne une préprogrammation génétique des êtres vivants et postule en fait une intervention extérieure pour en expliquer la complexité.

3. RÉPONSES : (total 11 pts)

Calculez votre nombre de points et notez-le.

1. **a)** Oui, à condition que les fossiles soient bien conservés. Des chercheurs sont parvenus à isoler l'ADN mitochondrial de spécimens d'homme de Neandertal et d'*Homo sapiens* ancestraux pour les comparer. Pour les fossiles plus anciens, il faut d'autres matériaux, comme les protéines ; des chercheurs ont ainsi pu analyser le collagène pris dans les os d'un *T. rex* vieux de 68 millions d'années (voir *S&V* n° 1077).

2. **a)** L'horloge moléculaire est un ensemble de modèles statistiques basés sur la fréquence des mutations génétiques. Elle permet d'exprimer les temps de divergence entre les espèces.

3. **b)** Dans les années 60, l'horloge moléculaire proposait un taux d'évolution constant pour toutes les espèces. Aujourd'hui, on sait que certaines, notamment bactériennes, mutent très vite, d'autres subissant peu de mutations.

4. **b)** Si tous les organismes vivants ont besoin de protéines, glucides et lipides, les substrats dont ils les tirent sont différents. Les mécanismes physiologiques subissent donc aussi l'évolution.

5. **b)** Elles apparaissent au hasard et sont transmises d'une génération à l'autre. Elles se répandent dans une population quand les reproducteurs qui les portent en tirent avantage.

6. **b)** L'expression des gènes peut être modifiée ponctuellement, notamment par des variations environnementales. Ces phénomènes "épigénétiques" ont causé l'adaptation du parasite responsable du paludisme au système immunitaire de son hôte.

7. **b)** Encore une fois, les mutations, bénéfiques ou néfastes, apparaissent au hasard. La sélection naturelle va ensuite éliminer les moins propices à l'adaptation.

8. **b)** Les individus sont sélectionnés entre autres parce qu'ils survivent. La survie n'est qu'une composante de la sélection naturelle, pas une cause ou une conséquence.

9. **b)** La sélection naturelle ne garantit pas un "optimum" adaptatif, juste un avantage. Le milieu peut changer avant que l'optimum soit atteint.

10. **b)** L'adaptation, au sens évolutionniste, c'est la mesure de la présence moyenne, dans le réservoir de gènes d'une population, des variantes passant d'une génération à une autre. Un individu peut être bien adapté à un environnement donné et ne plus l'être si son environnement se transforme, ou s'il change d'environnement.

11. **b)** Le polymorphisme se maintient dans les populations car la plupart des mutations sont neutres : elles ne confèrent ni avantage ni désavantage sélectif. En outre, plus un gène a de variantes, plus la fréquence des hétérozygotes pour ce gène augmente dans la population (phénomène d'équilibre des hétérozygotes). Un exemple : la mutation néfaste d'un gène de l'hémoglobine est responsable de la drépanocytose chez les homozygotes, donc délétère... Mais elle protège les hétérozygotes du paludisme. Résultat : chez des populations vivant dans des régions impaludées, la fréquence de la mutation néfaste a augmenté.

RÉSULTATS : (TOTAL 36 PTS)

Additionnez les points obtenus dans les tests 1, 2 et 3. Si vous avez :

● **Moins de 10 points :** les sciences de la vie vous donnent des boutons, et l'évolution vous évoque des heures de torture passées à écouter un professeur de lycée parler de fossiles et d'espèces disparues depuis des lustres. Et c'était il y a bien longtemps ! Pourquoi ne pas vous replonger dans un manuel scolaire, histoire de revoir les fondamentaux ?

● **De 10 à 30 points :** vous pourriez passer (ou repasser) le bac, option sciences de la vie, sans trop de problème. Vous connaissez les bases de la théorie de Darwin mais certaines subtilités vous échappent encore. Un petit effort et ce sera la mention !

● **Plus de 30 points :** soit vous avez triché, soit vous êtes parfaitement au fait des dernières nouvelles de l'évolution. *De l'origine des espèces* doit être votre livre de chevet. Alors, à quand l'agrégation de biologie ?



"Il circule beaucoup trop d'images archaïques des sciences de la vie"

Vous avez trouvé notre quiz sur la théorie de l'évolution un peu compliqué ? Ce n'est pas très étonnant, comme l'explique Annie Mamecier, inspectrice générale de l'Education nationale.

Science & Vie : Quel est le niveau des connaissances des Français sur la théorie de l'évolution ?

Annie Mamecier : Il est insuffisant. Globalement, tout ce qui relève des sciences de la vie et de la Terre est mal relayé auprès du grand public. Moins d'un tiers des élèves suivent des enseignements scientifiques après la troisième, hommes politiques et journalistes n'ont souvent pas eu de sciences dans leur cursus. Beaucoup sont restés sur des images archaïques, passéistes comme celle de l'homme, réussite de l'évolution ou descendant du singe. Les médias ont d'ailleurs souvent une approche catastrophiste des sciences de la vie, comme sur les OGM ou la thérapie génique. Ce qui est trop pointu fait peur et des disciplines comme la biologie moléculaire ne trouvent pas de place dans la formation générale. La majorité des connaissances s'acquiert donc *via* les médias qui abreuvent les élèves de messages à la rigueur scientifique parfois douteuse. Avec une heure et demie par semaine, les enseignants ne peuvent pas lutter ! Il faudrait transformer l'enseignement pour que tout bachelier dispose d'un socle de fondamentaux solide : le "buissonnement" de l'arbre évolutif qui pose les relations de parenté entre espèces et s'oppose à une vision linéaire, le rôle de l'horloge moléculaire dans la sélection naturelle et l'éradication de l'anthropocentrisme. En prévision de l'année Darwin en 2009, nous préparons pour 2008 une série de conférences afin d'expliquer au public les bases de cette théorie.

S&V : Si Darwin est une référence, la connaissance de l'évolution a progressé et fait appel à des domaines pointus. Peut-on enseigner une synthèse ?

A.M. : Dire que Darwin est la référence est faux. Il a été l'initiateur d'un courant de recherche qui s'est considérablement développé et enrichi des données d'investigation modernes. Cette documentation scientifique est scrupuleusement contrôlée par des spécialistes, du Muséum d'histoire naturelle notamment, qui participent à la formation des enseignants ainsi qu'à la préparation des programmes qui sont ensuite validés par le ministre de l'Education nationale et intégrés à la loi sur l'enseignement. Il est d'ailleurs formellement indiqué que c'est la théorie scientifique de l'évolution, basée sur des faits avérés, qui doit être enseignée. On apprend bien sûr aux enseignants à distinguer science et croyance. Les divergences d'opinion existent mais restent marginales, exprimées hors du cadre scolaire. La véritable difficulté réside dans le peu de place réservé à l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre.

S&V : Le créationnisme, selon lequel les espèces n'ont pas changé depuis la Création, peut-il concurrencer le darwinisme à l'école ?

A.M. : Ici, le problème posé par le créationnisme n'a pas la même ampleur qu'aux Etats-Unis et relèverait plus d'une grave forme d'ésotérisme. Nous ne sommes pas contre le fait d'en débattre, à condition de ne pas opposer cette vision à un enseignement scientifique de la théorie de l'évolution.

B. MARTINEZ

LE SILENCE : RÈGLE QUE RESPECTAIENT LES PRÉMONTRÉS DE L'ABBAYE DE GRIMBERGEN AU SERVICE DE L'ÉLABORATION DE LA BIÈRE GRIMBERGEN.



GRIMBERGEN

AU NOM DU SILENCE

DEPUIS 1128, LE SILENCE S'IMPOSE POUR APPRÉCIER PLEINEMENT LES QUALITÉS D'UNE GRIMBERGEN.

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ, CONSOMMEZ AVEC MODÉRATION